



Bescheinigung

REC'D 21 FEB 2000	
WIPO	PCT

EPO - Munich
63
04 Feb. 2000

Die Herren Professor Dr. Albrecht E. S i p p e l und André Z i m m e r m a n n ,
beide in Freiburg im Breisgau/Deutschland, haben eine Patentanmeldung unter der
Bezeichnung

"Methode zur zellulären High-Throughput-Detektion von nukleären
Rezeptor-Liganden-Interaktionen"

am 30. Dezember 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüng-
lichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole
C 07 K, C 12 N und C 12 Q der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 3. Januar 2000

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

J. J. J.

Aktenzeichen: 198 60 834.9

ANSPRÜCHE

1. Fusionsprotein, umfassend mindestens drei Domänen, wobei
 - eine erste Domäne eine Membranlokalisierung des Fusionsproteins in einem zellulären Kontext vermittelt und
 - eine zweite Domäne eine Ligandenbindungsfunktion eines nukleären Rezeptors aufweist oder mutmaßlich aufweist,
 - eine dritte Domäne eine Aktivität aufweist, die in der Lage ist, einen sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweg in einer Zelle zu aktivieren,dadurch gekennzeichnet, daß bei fehlender Bindung von Ligand an die zweite Domäne die dritte Domäne ihre Aktivität zur Aktivierung eines sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalwegs in einer Zelle trotz Membranlokalisierung nicht ausüben kann.
2. Fusionsprotein nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Domänen innerhalb des Fusionsproteins in Richtung vom N-Terminus zum C-Terminus in der Abfolge erste Domäne, zweite Domäne, dritte Domäne oder in der Abfolge dritte Domäne, zweite Domäne, erste Domäne angeordnet sind.
3. Fusionsprotein nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Unfähigkeit der dritten Domäne zur Aktivierung eines sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalwegs bei fehlender Bindung von Ligand an die zweite Domäne darauf beruht, daß bei fehlender Bindung von Ligand an die zweite Domäne die dritte Domäne durch einen sich an das Fusionsprotein anlagernden Multiproteinkomplex so komplexiert werden kann, daß die dritte Domäne nicht in der Lage ist, ihre Aktivität zur Aktivierung eines sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalwegs in einer Zelle auszuüben.
4. Fusionsprotein nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß es für die Anlagerung des Multiproteinkomplexes einen zusätzli-

chen Proteinabschnitt innerhalb der zweiten Domäne oder als vierte Domäne umfaßt.

5. Fusionsprotein nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Domäne die Aminosäuresequenz eines Membranlokalisierungssignals, insbesondere eines Farnesylierungssignals, Myristylierungssignals oder Prenylierungssignals, oder einer Transmembrandomäne umfaßt oder davon abgeleitet ist.

6. Fusionsprotein nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Aminosäuresequenz der zweiten Domäne eine Aminosäuresequenz eines Rezeptorabschnitts eines in der Natur vorkommenden nukleären Rezeptors umfaßt oder davon abgeleitet ist.

7. Fusionsprotein nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Aminosäuresequenz der zweiten Domäne die Aminosäuresequenz des Rezeptorabschnitts eines Steroid-Rezeptors, eines Orphan-Rezeptors, eines Vitamin-Rezeptors, beispielsweise eines Vitamin D-Rezeptors, eines Thyroxin-Rezeptors, eines Dioxin-Rezeptors oder eines Retinsäurerezeptors umfaßt oder davon abgeleitet ist.

8. Fusionsprotein nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Aminosäuresequenz der zweiten Domäne eine Aminosäuresequenz umfaßt, die von der Aminosäuresequenz eines Rezeptorabschnitts eines in der Natur vorkommenden nukleären Rezeptors durch Mutation, insbesondere durch Anfügen, Substitution, Deletion, Insertion und/oder Modifizierung einer oder mehrerer Aminosäuren oder Gruppen von Aminosäuren, abgeleitet ist.

9. Fusionsprotein nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Domäne einen in der Natur nicht vorkommenden, beispielsweise durch "molecular modelling" erzeugten, synthetischen Rezeptorabschnitt mit einer Ligandenbindungsfunktion eines nukleären Rezeptors umfaßt.

10. Fusionsprotein nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die dritte Domäne die Aktivität eines aktiven und insbesondere konstitutiv aktiven Ras-Proteins aufweist.
11. Fusionsprotein nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die dritte Domäne die Aktivität eines funktionellen Guaninnukleotid-Austauschfaktors aufweist.
12. Fusionsprotein nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Aminosäuresequenz der dritten Domäne von der Aminosäuresequenz des CDC25-Proteins aus *Saccharomyces cerevisiae*, eines SOS-Proteins aus einem Säugetier oder eines SOS-ähnlichen Proteins aus einem beliebigen Organismus abgeleitet ist.
13. Fusionsprotein nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Aminosäuresequenz der dritten Domäne mindestens die für die Aktivität des CDC25-Proteins, des SOS-Proteins oder des SOS-ähnlichen Proteins erforderlichen Aminosäuresequenzabschnitte eines dieser Proteine umfaßt.
14. Fusionsprotein nach Anspruch 1 - 11, dadurch gekennzeichnet, daß die dritte Domäne eine Aminosäuresequenz umfaßt, die von der Aminosäuresequenz eines in der Natur vorkommenden Ras-Proteins oder eines in der Natur vorkommenden Guaninnukleotid-Austauschfaktors oder der für die Aktivität erforderlichen Abschnitte davon durch Mutation, insbesondere durch Anfügen, Substitution, Deletion, Insertion und/oder Modifizierung einer oder mehrerer Aminosäuren oder Gruppen von Aminosäuren, abgeleitet ist.
15. DNA-Molekül, das das Fusionsprotein nach einem der Ansprüche 1 bis 14 kodiert.
16. Vektor, insbesondere Plasmid, Cosmid, Viren- oder Phagengenom, umfassend mindestens ein DNA-Molekül nach Anspruch 15.

17. Vektor nach Anspruch 16, der zur Transformation oder Transfektion einer Wirtszelle geeignet ist.

18. Vektor nach Anspruch 16, der zur Expression mindestens eines Fusionsproteins geeignet ist, dadurch gekennzeichnet, daß er mindestens ein DNA-Molekül nach Anspruch 15 unter Kontrolle eines oder mehrerer in einer Wirtszelle funktionsfähiger Promotoren umfaßt.

19. Zelle, umfassend ein Fusionsprotein nach einem der Ansprüche 1 bis 14,

dadurch gekennzeichnet, daß bei fehlender Bindung von Ligand an die zweite Domäne des Fusionsproteins die dritte Domäne ihre Aktivität zur Aktivierung eines sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalwegs in der Zelle trotz Membranlokalisierung nicht ausüben kann, jedoch bei Bindung von Ligand an die zweite Domäne eine Konformationsänderung mit Auswirkungen auf die dritte Domäne bewirkt wird, so daß die dritte Domäne ihre Aktivität zur Aktivierung eines sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalwegs in der Zelle ausüben kann.

20. Zelle nach Anspruch 19,

dadurch gekennzeichnet, daß die Unfähigkeit der dritten Domäne des Fusionsproteins zur Aktivierung eines sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalwegs bei fehlender Bindung von Ligand an die zweite Domäne des Fusionsproteins darauf beruht, daß bei fehlender Bindung von Ligand an die zweite Domäne die dritte Domäne durch einen sich an das Fusionsprotein anlagernden Multiproteinkomplex so komplexiert werden kann, daß die dritte Domäne nicht in der Lage ist, ihre Aktivität zur Aktivierung eines sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalwegs in der Zelle auszuüben, jedoch bei Bindung von Ligand an die zweite Domäne eine Konformationsänderung mit Auswirkungen auf die dritte Domäne bewirkt wird, so daß in der Folge der Multiproteinkomplex zumindest teilweise von dem Fusionsprotein abdissoziiert und die dritte Domäne ihre Aktivität zur Aktivierung eines sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalwegs in der Zelle ausüben kann.

21. Zelle nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß sie zwei oder mehr Fusionsproteine nach einem der Ansprüche 1 bis 14 umfaßt.

22. Zelle nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Zelle eine einzellige prokaryotische oder eukaryotische Zelle, und insbesondere eine Hefezelle ist.

23. Zelle nach einem der Ansprüche 19 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß in Abwesenheit von Fusionsprotein zumindest unter bestimmten Bedingungen ein sich an ein Ras-Protein anschließender Signalweg in der Zelle nicht aktiviert werden kann.

24. Zelle nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß sie mindestens ein Fusionsprotein mit einer dritten Domäne, die in der Lage ist, den in Abwesenheit des Fusionsproteins inaktiven oder inaktivierbaren, sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweg in der Zelle zu aktivieren, umfaßt.

25. Zelle nach Anspruch 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, daß der sich an ein Ras-Protein anschließende Signalweg auf den Zellzyklus einwirkt und dessen Aktivierung für die Zellvermehrung essenziell ist oder der sich an ein Ras-Protein anschließende Signalweg alternativ der Aktivierung von Transkriptionsfaktoren für Gene, die für die Zellvermehrung nicht essenziell sind, dient.

26. Zelle nach einem der Ansprüche 23 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktivierbarkeit des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalwegs in Abwesenheit von Fusionsprotein temperaturabhängig ist.

27. Zelle nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß die fehlende Aktivierbarkeit des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalwegs in Abwesenheit von Fusionsprotein bei bestimmten Temperaturen auf zumindest einer Mutation eines zelleigenen Guanin-

nukleotid-Austauschfaktors beruht, welche bewirkt, daß dieser oberhalb einer bestimmten Temperatur funktionsunfähig wird.

28. Zelle nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Zelle des *Saccharomyces cerevisiae*-Hefestamms cdc25-2 ist oder von diesem abgeleitet ist.

29. Zelle nach Anspruch 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Zelle ein Fusionsprotein umfaßt, dessen dritte Domäne die Aktivität eines funktionellen Guaninnukleotid-Austauschfaktors aufweist.

30. Zelle nach Anspruch 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Zelle ein Fusionsprotein umfaßt, dessen dritte Domäne die Aktivität eines aktiven und insbesondere konstitutiv aktiven Ras-Proteins aufweist.

31. Zelle nach Anspruch 26 oder 27, dadurch gekennzeichnet, daß die fehlende Aktivierbarkeit des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalwegs in Abwesenheit von Fusionsprotein bei bestimmten Temperaturen auf zumindest einer Mutation eines zelleigenen Ras-Proteins beruht, welche bewirkt, daß dieses oberhalb einer bestimmten Temperatur funktionsunfähig wird.

32. Zelle nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die fehlende Aktivierbarkeit des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalwegs in Abwesenheit von Fusionsprotein auf einer Deletion des Membranlokalisierungssignals, insbesondere Farnesylierungssignals, des zelleigenen Ras-Proteins oder auf einer Mutation dieses Membranlokalisierungssignals, welche bewirkt, daß keine Bindung des Ras-Proteins an zelluläre Membranen mehr erfolgt, beruht.

33. Zelle nach Anspruch 31 oder 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Zelle ein Fusionsprotein umfaßt, dessen dritte Domäne die Aktivität eines aktiven und insbesondere konstitutiv aktiven Ras-Proteins aufweist.

34. Zelle nach einem der Ansprüche 19 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß sie auf einem festen Träger aufgebracht ist.

35. Zelle nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, daß sie auf Biochips immobilisiert ist.

36. *in vivo*-Assay zur Bestimmung der Eignung einer Testsubstanz als Ligand für einen Rezeptorabschnitt eines nukleären Rezeptors, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- (a) Inkontaktbringen der Testsubstanz mit Zellen nach einem der Ansprüche 23 bis 35 unter Bedingungen, bei denen in Abwesenheit des Fusionsproteins ein sich an ein Ras-Protein anschließender Signalweg in den Zellen nicht aktiviert werden kann, wobei das in den Zellen enthaltene Fusionsprotein eine zweite Domäne, die den genannten Rezeptorabschnitt umfaßt, und eine dritte Domäne, die in der Lage ist, den inaktiven, sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweg in den Zellen zu aktivieren, umfaßt,
- (b) Untersuchen, ob eine Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges erfolgt ist, wobei ein Nachweis der Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges die Bindungsfähigkeit der Testsubstanz an die zweite Domäne des Fusionsproteins und dementsprechend an den Rezeptorabschnitt anzeigt.

37. Assay nach Anspruch 36, wobei Schritt (b) umfaßt, die Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges über die gegebenenfalls erfolgende Expression eines Reportergens, die nur aufgrund der infolge der Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges erfolgenden Aktivierung eines spezifischen Transkriptionsfaktors erfolgt, nachzuweisen, wobei der Nachweis der Expression des Reportergens die Bindungsfähigkeit der Testsubstanz an die zweite Domäne des Fusionsproteins und dementsprechend an den Rezeptorabschnitt anzeigt.

38. Assay nach Anspruch 36, wobei in Schritt (a) Zellen, bei denen der inaktive, sich an ein Ras-Protein anschließende Signal-

weg ein Signalweg ist, der auf den Zellzyklus einwirkt und dessen Aktivierung für die Zellvermehrung essenziell ist, eingesetzt werden und Schritt (b) umfaßt, zu untersuchen, ob die Zellen unter den genannten Bedingungen vermehrungsfähig sind, wobei ein Nachweis der Vermehrungsfähigkeit der Zellen die Bindungsfähigkeit der Testsubstanz an die zweite Domäne des Fusionsproteins und dementsprechend an den Rezeptorabschnitt anzeigt.

39. Assay nach einem der Ansprüche 36 bis 38, dadurch gekennzeichnet, daß die Testsubstanz eine natürlich vorkommende Substanz und insbesondere ein Hormon, insbesondere ein Steroidhormon, ein Vitamin, Thyroxin oder Retinsäure ist.

40. Assay nach einem der Ansprüche 36 bis 38, dadurch gekennzeichnet, daß die Testsubstanz eine in der Natur nicht vorkommende Substanz ist.

41. Assay nach Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, daß die Testsubstanz ein synthetisches Derivat eines natürlichen Liganden oder ein Giftstoff, insbesondere Dioxin, ist.

42. Screeningverfahren nach unbekannten Liganden eines bestimmten nukleären Rezeptors, dadurch gekennzeichnet, daß für das Screening ein Assayverfahren nach einem der Ansprüche 36 bis 38 eingesetzt wird.

43. *in vivo*-Assay zum Nachweis der Anwesenheit eines Liganden für einen Rezeptorabschnitt eines nukleären Rezeptors in einer Probe, die diesen möglicherweise enthält, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

(a) Inkontaktbringen der Probe mit Zellen nach einem der Ansprüche 23 bis 35 unter Bedingungen, bei denen in Abwesenheit von Fusionsprotein ein sich an ein Ras-Protein anschließender Signalweg in den Zellen nicht aktiviert werden kann, wobei das in den Zellen enthaltene Fusionsprotein eine zweite Domäne, die den genannten Rezeptorabschnitt umfaßt, und eine dritte Domäne,

die in der Lage ist, den inaktiven, sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweg in den Zellen zu aktivieren, umfaßt,
(b) Untersuchen, ob eine Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges erfolgt ist, wobei ein Nachweis der Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges die Anwesenheit eines Liganden für die zweite Domäne des Fusionsproteins und dementsprechend für den Rezeptorabschnitt eines nukleären Rezeptors in der Probe anzeigt.

44. Assay nach Anspruch 43, wobei Schritt (b) umfaßt, die Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges über die gegebenenfalls erfolgende Expression eines Reportergens, die nur aufgrund der infolge der Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges erfolgenden Aktivierung eines spezifischen Transkriptionsfaktors erfolgt, nachzuweisen, wobei der Nachweis der Expression des Reportergens die Anwesenheit eines Liganden für die zweite Domäne des Fusionsproteins und dementsprechend für den Rezeptorabschnitt eines nukleären Rezeptors in der Probe anzeigt.

45. Assay nach Anspruch 43, wobei in Schritt (a) Zellen, bei denen der inaktive, sich an ein Ras-Protein anschließende Signalweg ein Signalweg ist, der auf den Zellzyklus einwirkt und dessen Aktivierung für die Zellvermehrung essenziell ist, eingesetzt werden und Schritt (b) umfaßt, zu untersuchen, ob die Zellen unter den genannten Bedingungen vermehrungsfähig sind, wobei ein Nachweis der Vermehrungsfähigkeit der Zellen die Anwesenheit eines Liganden für die zweite Domäne des Fusionsproteins und dementsprechend für den Rezeptorabschnitt eines nukleären Rezeptors in der Probe anzeigt.

46. Screeningverfahren nach unbekannten Liganden eines bestimmten nukleären Rezeptors in einer Probe, dadurch gekennzeichnet, daß für das Screening ein Assayverfahren nach einem der Ansprüche 43 bis 45 eingesetzt wird.

47. *in vivo*-Assay zur quantitativen Bestimmung der Konzentration eines Liganden für den Rezeptorabschnitt eines nukleären Rezeptors in einer Probe, die diesen enthält, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- (a) Inkontaktbringen eines Aliquots der Probe mit Zellen nach einem der Ansprüche 23 bis 35 unter Bedingungen, bei denen in Abwesenheit des Fusionsproteins ein sich an ein Ras-Protein anschließender Signalweg in den Zellen nicht aktiviert werden kann, wobei das in den Zellen enthaltene Fusionsprotein eine zweite Domäne, die den genannten Rezeptorabschnitt umfaßt, und eine dritte Domäne, die in der Lage ist, den inaktiven, sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweg in den Zellen zu aktivieren, umfaßt,
- (b) quantitatives Nachweisen des Ausmaßes der Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges auf direktem oder indirektem Weg,
- (c) Ermittlung der Konzentration des Liganden in der Probe durch Vergleich des ermittelten Aktivierungsausmaßes mit entsprechenden Werten, die für bekannte Standardkonzentrationen des Liganden ermittelt wurden.

48. Assay nach Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet, daß der quantitative Nachweis des Ausmaßes der Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges in Schritt (b) indirekt erfolgt, indem die in den Zellen vorliegende Menge eines Transkriptions- oder Translationsprodukts eines Reportergens, dessen Expression nur aufgrund der infolge der Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges erfolgenden Aktivierung eines spezifischen Transkriptionsfaktors erfolgt, zu einem bestimmten Zeitpunkt oder die Expressionsrate dieses Reportergens bezogen auf das Transkriptions- oder Translationsprodukt unter den genannten Bedingungen bestimmt wird, und in Schritt (c) die Ermittlung der Konzentration des Liganden in der Probe durch Vergleich der ermittelten Werte mit entsprechenden Werten, die für bekannte Standardkonzentrationen des Liganden ermittelt wurden, erfolgt.

49. Assay nach Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet, daß in Schritt (a) Zellen, bei denen der inaktive, sich an ein Ras-Protein anschließende Signalweg ein Signalweg ist, der auf den Zellzyklus einwirkt und dessen Aktivierung für die Zellvermehrung essenziell ist, eingesetzt werden und der quantitative Nachweis des Ausmaßes der Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges in Schritt (b) indirekt erfolgt, indem die Vermehrung der Zellen zu einem festgelegten Zeitpunkt oder die Vermehrungsrate der Zellen unter den genannten Bedingungen bestimmt wird, und in Schritt (c) die Ermittlung der Konzentration des Liganden in der Probe durch Vergleich der ermittelten Werte mit entsprechenden Werten, die für bekannte Standardkonzentrationen des Liganden ermittelt wurden, erfolgt.

50. *in vivo*-Assay zum Nachweis, ob eine Verbindung in der Lage ist, eine Bindungsaktivität eines Rezeptorabschnitts eines nukleären Rezeptors gegenüber einem Liganden zu verändern, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

(a) Inkontaktbringen des Liganden in Anwesenheit der Verbindung mit Zellen nach einem der Ansprüche 23 bis 35 unter Bedingungen, bei denen die Verbindung in die Zellen diffundieren kann oder sie von den Zellen produziert wird und bei denen in Abwesenheit von Fusionsprotein ein sich an ein Ras-Protein anschließender Signalweg in den Zellen nicht aktiviert werden kann, wobei das in den Zellen enthaltene Fusionsprotein eine zweite Domäne, die den genannten Rezeptorabschnitt umfaßt, und eine dritte Domäne, die in der Lage ist, den inaktiven, sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweg in den Zellen zu aktivieren, umfaßt,

(b) Untersuchen, ob und gegebenenfalls in welchem Ausmaß eine Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges erfolgt ist,

(c) Vergleichen des Untersuchungsergebnisses von Schritt (b) mit einem Untersuchungsergebnis, das bei Ausführen des Assay in Abwesenheit der Verbindung erhalten wird.

51. Assay nach Anspruch 50, dadurch gekennzeichnet, daß Schritt (b) umfaßt, die Aktivierung des sich an ein Ras-Protein an-

schließenden Signalweges über eine gegebenenfalls erfolgende Expression eines Reportergens, die nur aufgrund der infolge der Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges erfolgenden Aktivierung eines spezifischen Transkriptionsfaktors erfolgt, nachzuweisen und der gegebenenfalls erfolgende quantitative Nachweis des Ausmaßes der Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges umfaßt, die in den Zellen vorliegende Menge an Transkriptions- oder Translationsprodukt des Reportergens zu einem bestimmten Zeitpunkt oder die Expressionsrate dieses Reportergens bezogen auf das Transkriptions- oder Translationsprodukt unter den genannten Bedingungen zu bestimmen, wobei in dem Falle, wo der Vergleich in Schritt (c) ergibt, daß in Anwesenheit der Verbindung eine stärkere Expression des Reportergens auftritt, eine Agonistenwirkung der Verbindung und in dem Falle, wo der Vergleich in Schritt (c) ergibt, daß in Anwesenheit der Verbindung eine geringere Expression des Reportergens auftritt, eine Antagonistenwirkung der Verbindung angezeigt wird.

52. Assay nach Anspruch 51, dadurch gekennzeichnet, daß er unter Bedingungen durchgeführt wird, bei denen keine Vermehrung der Zellen auftritt.

53. Assay nach Anspruch 50, wobei in Schritt (a) Zellen, bei denen der inaktive, sich an ein Ras-Protein anschließende Signalweg ein Signalweg ist, der auf den Zellzyklus einwirkt und dessen Aktivierung für die Zellvermehrung essenziell ist, eingesetzt werden und Schritt (b) umfaßt, zu untersuchen, ob und gegebenenfalls in welchem Ausmaß die Zellen unter den genannten Bedingungen vermehrungsfähig sind, wobei in dem Falle, wo der Vergleich in Schritt (c) ergibt, daß in Anwesenheit der Verbindung eine stärkere Zellvermehrung auftritt, eine Agonistenwirkung der Verbindung und in dem Falle, wo der Vergleich in Schritt (c) ergibt, daß in Anwesenheit der Verbindung eine geringere Zellvermehrung auftritt, eine Antagonistenwirkung der Verbindung angezeigt wird.

54. *in vivo*-Assay zum Nachweis, ob ein Polypeptid oder Protein eine Ligandenbindungsfunktion eines nukleären Rezeptors aufweist, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

(a) Inkontaktbringen von Zellen nach einem der Ansprüche 23 bis 35 mit dem Liganden unter Bedingungen, bei denen in Abwesenheit des Fusionsproteins ein sich an ein Ras-Protein anschließender Signalweg in den Zellen nicht aktiviert werden kann, wobei das in den Zellen enthaltene Fusionsprotein eine zweite Domäne, die das zu untersuchende Polypeptid oder Protein umfaßt, und eine dritte Domäne, die in der Lage ist, den inaktiven, sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweg in den Zellen zu aktivieren, umfaßt,

(b) Untersuchen, ob eine Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges erfolgt ist, wobei ein Nachweis der Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges anzeigt, daß die zweite Domäne des Fusionsproteins und dementsprechend das zu untersuchende Polypeptid oder Protein eine Ligandenbindungsfunktion eines nukleären Rezeptors aufweist.

55. Assayverfahren nach Anspruch 54, dadurch gekennzeichnet, daß das in den Zellen enthaltene Fusionsprotein eine zweite Domäne umfaßt, die einen von einem natürlich vorkommenden Rezeptorabschnitt durch Mutation abgeleiteten Rezeptorabschnitt enthält.

56. Assay nach Anspruch 54 oder 55, wobei Schritt (b) umfaßt, die Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges über die gegebenenfalls erfolgende Expression eines Reportergens, die nur aufgrund der infolge der Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges erfolgenden Aktivierung eines spezifischen Transkriptionsfaktors erfolgt, nachzuweisen, wobei der Nachweis der Expression des Reportergens das Vorliegen einer Ligandenbindungsfunktion der zweiten Domäne des Fusionsproteins und dementsprechend des zu untersuchenden Polypeptids oder Proteins anzeigt.

57. Assay nach Anspruch 54 oder 55, wobei in Schritt (a) Zellen, bei denen der inaktive, sich an ein Ras-Protein anschließende Signalweg ein Signalweg ist, der auf den Zellzyklus einwirkt und dessen Aktivierung für die Zellvermehrung essenziell ist, eingesetzt werden und Schritt (b) umfaßt, zu untersuchen, ob die Zellen unter den genannten Bedingungen vermehrungsfähig sind, wobei ein Nachweis der Vermehrungsfähigkeit der Zellen das Vorliegen einer Ligandenbindungsfunktion der zweiten Domäne des Fusionsproteins und dementsprechend des zu untersuchenden Polypeptids oder Proteins anzeigt.

58. Kit zur Verwendung in einem Assay oder Screeningverfahren nach einem der Ansprüche 36 bis 53, dadurch gekennzeichnet, daß er Zellen nach Anspruch 23 umfaßt.

59. Kit zur Verwendung in einem Assay nach einem der Ansprüche 36 bis 53, dadurch gekennzeichnet, daß er folgende Bestandteile umfaßt:

- a) Zellen, in denen zumindest unter bestimmten Bedingungen ein sich an ein Ras-Protein anschließender Signalweg nicht aktiviert werden kann,
- b) einen oder mehrere Transformations- oder Transfektionsvektoren, die mindestens eine DNA-Sequenz enthalten, die ein Fusionsprotein nach Anspruch 1 kodiert, wobei das Fusionsprotein eine dritte Domäne umfaßt, die in der Lage ist, den inaktiven oder inaktivierbaren, sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweg in den Zellen zu aktivieren,
- c) gegebenenfalls Reagenzien zur Transformation oder Transfektion der Zellen mit dem Transformations- oder Transfektionsvektor,
- d) gegebenenfalls Reagenzien zur Detektion der phänotypischen Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signaltransduktionsweges in diesen Zellen.

60. Kit zur Verwendung in einem Assay nach einem der Ansprüche 36 bis 53, dadurch gekennzeichnet, daß er folgende Bestandteile umfaßt:

a) Zellen, in denen zumindest unter bestimmten Bedingungen ein sich an ein Ras-Protein anschließender Signalweg nicht aktiviert werden kann,

b) einen Transformations- oder Transfektionsvektor, der in geeigneter Anordnung

- eine DNA-Sequenz, die eine erste Domäne eines Fusionsproteins, wie in Anspruch 1 definiert, kodiert,
- eine DNA-Sequenz, die eine dritte Domäne eines Fusionsproteins, wie in Anspruch 1 definiert und die in der Lage ist, den inaktiven oder inaktivierbaren, sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweg in den Zellen zu aktivieren, kodiert, und
- eine geeignet angeordnete Insertionsstelle zur funktionalen Insertion einer DNA-Sequenz, die eine zweite Domäne, wie in Anspruch 1 definiert, kodiert,

aufweist, wobei nach Insertion einer DNA-Sequenz für die zweite Domäne der Vektor ein vollständiges Gen für ein Fusionsprotein nach Anspruch 1 umfaßt,

c) gegebenenfalls Reagenzien zur Transformation oder Transfektion der Zellen mit dem Transformations- oder Transfektionsvektor,

d) gegebenenfalls Reagenzien zur Detektion der phänotypischen Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signaltransduktionsweges in diesen Zellen.

61. Kit zur Verwendung in einem Assay nach einem der Ansprüche 54 bis 57, dadurch gekennzeichnet, daß er Zellen nach Anspruch 23 umfaßt, wobei das darin enthaltene Fusionsprotein eine zweite Domäne, umfassend ein Polypeptid oder Protein, bei dem eine Ligandenbindungsfunktion eines nukleären Rezeptors vermutet wird, umfaßt.

62. Kit zur Verwendung in einem Assay nach einem der Ansprüche 54 bis 57, dadurch gekennzeichnet, daß er folgende Bestandteile umfaßt:

- a) Zellen, in denen zumindest unter bestimmten Bedingungen ein sich an ein Ras-Protein anschließender Signalweg nicht aktiviert werden kann,
- b) einen oder mehrere Transformations- oder Transfektionsvektoren, die mindestens eine DNA-Sequenz umfassen, die ein Fusionsprotein nach Anspruch 1, dessen zweite Domäne ein Polypeptid oder Protein umfaßt, bei dem eine Ligandenbindungsfunktion eines nukleären Rezeptors vermutet wird, und dessen dritte Domäne in der Lage ist, den inaktiven oder inaktivierbaren, sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweg in den Zellen zu aktivieren, kodiert,
- c) gegebenenfalls Reagenzien zur Transformation oder Transfektion der Zellen mit dem Transformations- oder Transfektionsvektor,
- d) gegebenenfalls Reagenzien zur Detektion der phänotypischen Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signaltransduktionsweges in diesen Zellen.

63. Kit zur Verwendung in einem Assay nach einem der Ansprüche 54 bis 57, dadurch gekennzeichnet, daß er folgende Bestandteile umfaßt:

- a) Zellen, in denen zumindest unter bestimmten Bedingungen ein sich an ein Ras-Protein anschließender Signalweg nicht aktiviert werden kann,
- b) einen Transformations- oder Transfektionsvektor, der in geeigneter Anordnung
 - eine DNA-Sequenz, die eine erste Domäne eines Fusionsproteins, wie in Anspruch 1 definiert, kodiert, und
 - eine DNA-Sequenz, die eine dritte Domäne eines Fusionsproteins, wie in Anspruch 1 definiert und die in der Lage ist, den inaktiven oder inaktivierbaren, sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweg in den Zellen zu aktivieren, kodiert, und
 - eine geeignet angeordnete Insertionsstelle zur funktionalen Insertion einer DNA-Sequenz, die eine zweite Domäne, umfassend ein Polypeptid oder Protein, bei dem

eine Ligandenbindungsfunktion eines nukleären Rezeptors vermutet wird, umfaßt, kodiert, aufweist, wobei nach Insertion einer DNA-Sequenz für die zweite Domäne der Vektor ein vollständiges Gen für ein Fusionsprotein nach Anspruch 1 umfaßt, bei dem die zweite Domäne ein Polypeptid oder Protein umfaßt, bei dem eine Ligandenbindungsfunktion eines nukleären Rezeptors vermutet wird,

c) gegebenenfalls Reagenzien zur Transformation oder Transfektion der Zellen mit dem Transformations- oder Transfektionsvektor,

d) gegebenenfalls Reagenzien zur Detektion der phänotypischen Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signaltransduktionsweges in diesen Zellen.

64. Kit nach einem der Ansprüche 58 bis 63, in welchem die Zellen zusätzlich ein Konstrukt enthalten, umfassend eine Bindungsstelle für einen Transkriptionsfaktor, dessen Aktivierung infolge einer Aktivierung eines speziellen ras-Signalwegs, dessen Aktivierung durch den Assay nachgewiesen werden soll, erfolgt, einen Minimalpromotor und ein damit funktional verknüpftes Reportergen, wobei der Minimalpromotor infolge einer Bindung des aktivierten Transkriptionsfaktors an seine Bindungsstelle aktiviert wird.

65. Kit nach einem der Ansprüche 58 bis 63, dadurch gekennzeichnet, daß er zusätzlich einen Transformations- oder Transfektionsvektor mit einem Konstrukt, umfassend eine Bindungsstelle für einen Transkriptionsfaktor, dessen Aktivierung infolge einer Aktivierung eines speziellen ras-Signalwegs, dessen Aktivierung durch den Assay nachgewiesen werden soll, erfolgt, einen Minimalpromotor und ein damit funktional verknüpftes Reportergen, wobei der Minimalpromotor infolge einer Bindung des aktivierten Transkriptionsfaktors an seine Bindungsstelle aktiviert wird, enthält.

66. Kit nach einem der Ansprüche 58 bis 63, dadurch gekennzeichnet, daß er zusätzlich einen Transformations- oder Transfekti-

onsvektor mit einem Konstrukt, umfassend eine Bindungsstelle für einen Transkriptionsfaktor, dessen Aktivierung infolge einer Aktivierung eines speziellen ras-Signalwegs, dessen Aktivierung durch den Assay nachgewiesen werden soll, erfolgt, einen Minimalpromotor und eine für eine durch den Minimalpromotor gesteuerte Expression geeignet angeordnete Insertionsstelle für eine Insertion eines Gens für ein Reporterprotein, wobei der Minimalpromotor infolge einer Bindung des aktivierten Transkriptionsfaktors an seine Bindungsstelle aktiviert wird, enthält.

67. Kit nach einem der Ansprüche 58 bis 66, welcher die Zellen immobilisiert auf einem festen Träger, insbesondere auf Mikrotiterplatten oder Biochips, enthält.

Methode zur zellulären High-Throughput-Detektion von
nukleären Rezeptor-Liganden-Interaktionen

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Molekularbiologie. Sie betrifft insbesondere Assayverfahren, die dazu dienen, spezifische Interaktionen zwischen einem Ligand und einem nukleären Rezeptor zu detektieren, und zielt u.a. darauf ab, neuartige, funktionelle Liganden für nukleäre Rezeptoren zu finden wie auch eine Ligandenbindungsfunktion, die für nukleäre Rezeptoren charakteristisch ist, bei Polypeptiden oder Proteinen, bei denen eine solche Funktion vermutet wird, gegebenenfalls nachzuweisen. In diesem Zusammenhang betrifft die Erfindung auch Fusionsproteine, Nukleinsäuren, die diese Fusionsproteine kodieren, Vektoren, die diese Nukleinsäuren enthalten, Zellen, die diese Fusionsproteine enthalten, sowie Kits, die sämtlich für die erfindungsgemäßen Assayverfahren oder in Zusammenhang mit diesen eingesetzt werden können.

Die Familie der nukleären Rezeptoren unterscheidet sich von anderen Rezeptorfamilien (z.B. der 7-Transmembranrezeptorfamilie oder der Tyrosinkinaserzeptorfamilie) durch die Tatsache, daß sie weder eine Transmembrandomäne noch ein sonstwie geartetes Membranlokalisierungs- oder -verankerungssignal besitzen. Ohne einen gebundenen Liganden liegen sie in inaktiver Form entweder im Zytoplasma und/oder im Zellkern vor. Gemeinsam ist allen Mitgliedern dieser Rezeptorfamilie, daß sie bei der Bindung ihres Liganden eine Konformationsänderung durchlaufen und dadurch in eine sogenannte "aktive" Form übergehen. Zur Familie der nukleären Rezeptoren gehören u.a. die Steroid-Rezeptoren (Evans, Science, 240:889-95, 1988), die Orphan-Rezeptoren (Bargmann, Cell, 90: 585-587, 1997), der Vitamin D-Rezeptor, der Thyroxin-, Rezeptor, der Dioxin-Rezeptor, die Retinsäure-Rezeptoren und viele andere Rezeptoren (Kastner et al., Cell, 83: 859-869, 1995). Nukleäre Rezeptoren spielen eine wichtige Rolle bei einer Vielzahl

ganz unterschiedlicher biologischer Prozesse, wie z.B. bei der Entwicklung von Organismen, der Zelldifferenzierung, der Zellteilung, der Genregulation und vor allem auch bei der Entstehung von Krebs (Seed, Nature Medicine, 4: 1004-1005, 1998).

Viele medizinische Therapien nutzen die Möglichkeit, mit Hilfe bestimmter Pharmazeutika in Prozesse einzugreifen, die von nukleären Rezeptoren gesteuert werden. Die dabei verwendeten Pharmazeutika wirken als Agonisten oder Antagonisten eines für einen bestimmten nukleären Rezeptor spezifischen, in der Natur vorkommenden Liganden.

Aus diesen und anderen Gründen besteht großes Interesse daran, Rezeptor-Liganden-Interaktionen auf molekularer Ebene detektieren und studieren zu können.

Es existieren bereits mehrere Verfahren zur Detektion von nukleärer Rezeptor-Liganden-Interaktionen. Die meisten dieser Verfahren nutzen zur Detektion einer solchen Interaktion die Tatsache, daß der mit dem Liganden komplexierte Rezeptor in der Lage ist, spezifisch an DNA zu binden und in Zellen ein sogenanntes Reportergen zu aktivieren oder zu inaktivieren (US-Patente 4,981,784 und 5,643,720). Der Nachteil solcher Verfahren beruht u.a. auf dem z.T. aufwendigen Nachweis der Reportergenaktivität oder dem Aufwand beim Umgang mit den verwendeten Vertebratenzellen.

In einem anderen Ansatz wird die Rezeptor-Liganden-Interaktion *ex vivo* detektiert, also außerhalb eines lebenden Systems, wobei entweder der Rezeptor oder der Ligand auf eine Matrix aufgebracht und mit einer Lösung, die den Liganden oder Rezeptor enthält, umspült wird. Auch hier ist der Aufwand zur Gewinnung und Aufbringung jedes einzelnen Rezeptors oder Liganden auf die entsprechende Matrixoberfläche überaus hoch. Zudem ergibt sich hierbei ein Problem bei der Übertragung der gewonnenen Resultate auf die Verhältnisse in der Zelle, da die zellulären Bedingungen von den *ex vivo*-Bedingungen erheblich abweichen können. Ein weiteres gravierendes Problem besteht vor allem in der fehlenden Zugriffsmöglichkeit auf die genetische Information der in Screens oder High-Throughput-Assays detektierten, neuen Rezeptorvarianten.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe besteht darin, alternative Assays, die dazu geeignet sind, spezifische Interaktionen zwischen einem Ligand und einem nukleären Rezeptor *in vivo* zu detektieren, bereitzustellen, die u.a. die Vorteile bieten, Liganden-Rezeptor-Wechselwirkungen schneller als im Stand der Technik möglich detektieren zu können und auch mittels einfacher handzuhabender Zellen, wie prokaryotischen Zellen oder Hefezellen, ausgeführt werden zu können. Darüber hinaus besteht aufgrund der Assaygestaltung stets eine unmittelbare Zugriffsmöglichkeit auf die einer Rezeptorvariante zugrundeliegende genetische Information.

Weitere Aufgaben der Erfindung bestehen darin, Fusionsproteine, Nukleinsäuren, Vektoren, Zellen und Kits bereitzustellen, die sämtlich für die erfindungsgemäßen Assayverfahren oder in Zusammenhang mit diesen eingesetzt werden können.

Die der Erfindung zugrundeliegenden Aufgaben werden durch die in den Ansprüchen definierten Assayverfahren, Fusionsproteine, Nukleinsäuren, Vektoren, Zellen und Kits erfüllt.

Die vorliegende Erfindung beruht auf den folgenden Erkenntnissen:

1. Die Aktivität eines Proteins, das in der Lage ist, einen sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweg in einer Zelle zu aktivieren, kann durch die Fusion an einen nukleären Rezeptor und/oder Teile von solchen in Abhängigkeit von der Ligandenbindung an den Rezeptor oder Rezeptoranteil gesteuert werden.
2. Zur Aktivierung verschiedener ras-Signaltransduktionswege ist die Membranlokalisierung bestimmter Komponenten der Signalwege notwendig (Schlessinger, TIBS, 18: 273-275, 1993). Befinden sich diese Komponenten in Fusion mit einem nukleären Rezeptor und/oder mit Teilen von solchen, wie unter 1. erläutert, so kann bei zusätzlicher Anfügung einer weiteren Domäne, die eine Membranlokalisierung des Fusionsprodukts vermittelt, in einer Zelle ein System geschaffen werden, bei dem die Aktivität der

Komponente zur Aktivierung des ras-Signaltransduktionsweges gezielt am Wirkort, d.h. an der Membran, nur in Gegenwart eines Liganden für den nukleären Rezeptor wirksam werden kann.

3. Im Stand der Technik sind Zellen bekannt, in denen ein ras-Signaltransduktionsweg auf Ebene des dafür spezifischen Ras-Proteins oder eines für das Ras-Protein spezifischen Guanninukleotid-Austauschfaktors zumindest unter bestimmten Bedingungen inaktiviert werden kann. Führt man in eine solche Zelle das vorstehend unter 2. erläuterte Fusionsprotein, das eine ras-Aktivität aufweist, die den genannten ras-Signaltransduktionsweg aktivieren kann, ein, so erhält man eine Zelle, bei der der zumindest unter bestimmten Bedingungen inaktive zelleigene ras-Signaltransduktionsweg durch die Aktivität der entsprechend aktiven Komponente des Fusionsproteins aktiviert werden kann - allerdings nur in Gegenwart eines Liganden für den nukleären Rezeptorabschnitt.

Man erhält auf diese Weise eine Zelle, in der der oder ein bestimmter ras-Signaltransduktionsweg nur in Abhängigkeit von einer Ligandenbindung an den nukleären Rezeptorabschnitt des vorstehend erläuterten Fusionsproteins aktiviert werden kann. Diese Zelle ermöglicht die Etablierung eines *in vivo*-Assayverfahrens, welches anhand des Nachweises einer gegebenenfalls erfolgten Aktivierung des speziellen ras-Signaltransduktionsweges, ggf. indirekt über an oder in der Zelle nachweisbare spezifische Auswirkungen, wie Zellwachstum, die Detektion von Interaktionen zwischen einem nukleären Rezeptor und einem dafür spezifischen Liganden ermöglicht.

Zum klareren Verständnis der Lehre dieser Unterlagen sei angefügt, daß im vorliegenden Zusammenhang unter dem Begriff "Ligand" nur solche Bindungspartner für Rezeptoren und insbesondere nukleäre Rezeptoren verstanden werden sollen, die bei einer Bindung an den Ligandenbindungs- oder Rezeptorabschnitt eines solchen Rezeptors eine Konformationsänderung hervorrufen, wie sie *in vivo* bei der Bindung eines natürlichen Liganden erfolgt. Im Falle nukleärer Rezeptoren bewirkt die Konformati-

onsänderung, wie erläutert, eine Aktivierung und zwar wahrscheinlich, wie aufgrund von tragfähigen Hinweisen vermutet wird, durch eine durch die Konformationsänderung bewirkte Abdissoziierung eines Multiproteinkomplexes, der bei fehlender Ligandenbindung in fester Assoziierung mit dem Rezeptor vorliegt. Bindungspartner, die eine solche Konformationsänderung nicht hervorrufen, werden von dem Begriff "Ligand" nicht umfaßt.

Von den hier synonym verwendeten Begriffen "ras-Signalweg" oder "sich an ein Ras-Protein anschließender Signalweg" werden auch die sogenannten ras-ähnlichen Signalwege mitumfaßt, die von diversen weiteren Mitgliedern der Ras-Familie gesteuert werden. Unter den Mitgliedern der Ras-Familie gibt es solche, die trotz Ursprungs aus unterschiedlichen Organismen ein und denselben Signaltransduktionsweg in einer gewählten Zielzelle aktivieren können. Ein Beispiel hierfür ist das humane Ha-Ras (L61), das in der Lage ist, auch einen ras-Signalweg in *Saccharomyces cerevisiae* zu aktivieren, der auf den Zellzyklus einwirkt und dessen Aktivierung für eine Vermehrung der Hefezellen essenziell ist. Andere Mitglieder der Ras-Familie sind nur in der Lage, einen einzigen, für sie spezifischen Signalweg zu aktivieren.

Eine Reihe von Mitgliedern der Ras-Familie, wie das vorstehend erwähnte Ha-Ras (L61), aktiviert Signalwege, die auf den Zellzyklus einwirken und deren Aktivierung über die Aktivierung spezieller Transkriptionsfaktoren für die Zellvermehrung essenziell sind. Andere derartige Ras-Proteine aktivieren Signalwege, die spezifisch zur Aktivierung jeweils eines einer Vielzahl von Transkriptionsfaktoren, die für andere Gene als jene des Zellzyklus spezifisch sind, führen. Im vorliegenden Kontext ist allen ras-Signalwegen gemeinsam, daß sie für ihre Aktivierung ein an der Zellmembran vorliegendes aktives Ras-Protein erfordern, wobei das Ras-Protein gegebenenfalls für seine Aktivität die gleichzeitige Anwesenheit eines Guaninnukleotid-Austauschfaktors an der Zellmembran benötigt.

Wird in diesen Unterlagen auf eine Inaktivierung eines ras-Signalwegs oder eines ras-ähnlichen Signalwegs Bezug genom-

men, so wird darunter stets eine Inaktivierung auf Ebene des Ras-Proteins und/oder eines dafür spezifischen Guaninnukleotid-Austauschfaktors verstanden. Die genannte Signalwegs-inaktivierung tritt in einer Zelle im vorliegenden Zusammenhang bevorzugt nur unter bestimmten Umweltbedingungen, wie Temperatur, auf, kann also durch gezielte Einstellung von Umweltbedingungen induziert und wieder aufgehoben werden.

Wesentliche Voraussetzung der erfindungsgemäßen Assaysysteme ist, wie erläutert, die Expression eines Fusionsproteins mit bestimmten Eigenschaften in einem geeigneten Zellsystem. Wie auch in den Figuren 1 und 3 schematisch darstellt, umfaßt dieses Fusionsprotein, das ebenfalls einen Teil der Erfindung darstellt, Domänen bzw. Abschnitte, die dem Fusionsprotein folgende drei Funktionen verleihen oder im Falle der im Folgenden genannten zweiten Funktion verleihen sollen:

1. Membranlokalisierung, z.B. durch ein Membranlokalisierungssignal, eine Transmembrandomäne oder irgend einen anderen Proteinanteil, der Membranlokalisierung vermittelt,
2. Ligandenbindungsfunktion eines nukleären Rezeptors, z.B. durch das Vorsehen der Sequenz eines vollständigen nukleären Rezeptors und/oder von Teilen eines solchen,
3. Fähigkeit zur Aktivierung eines ras- oder ras-ähnlichen Signaltransduktionsweges.

Weiteres wesentliches Merkmal ist, daß bei fehlender Bindung von Ligand an die zweite Domäne mit Ligandenbindungsfunktion die dritte Domäne ihre Aktivität zur Aktivierung eines sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges in einer Zelle trotz Lokalisierung an der Zellmembran nicht ausüben kann. Diese Aktivität erfordert das Vorliegen eines an die zweite Domäne gebundenen Liganden.

Aufgrund der vorstehend kurz erwähnten und nachfolgend näher erläuterten Hinweise aus diversen Experimenten an nukleären Rezeptoren wird angenommen, daß in einer bevorzugten Ausführungsform bei fehlender Bindung von Ligand an die zweite Domäne die dritte Domäne mit der Aktivierungsfunktion durch einen sich

an das Fusionsprotein anlagernden Multiproteinkomplex so komplexiert werden kann, daß die letztere nicht in der Lage ist, ihre Aktivität zur Aktivierung eines ras- oder ras-ähnlichen Signaltransduktionsweges in einer Zelle auszuüben.

Infolge diverser Experimente an nukleären Rezeptoren wird angenommen, daß diese in der Zelle ohne gebundenen Ligand als inaktiver Multiproteinkomplex vorliegen (Pratt, Endocr. Rev., 18: 306-60, 1997), welcher aus sogenannten "heat shock"-Proteinen (HSPs) bestehen kann, die in der Zelle exprimiert werden. Es wird angenommen, daß die Anlagerung des Multiproteinkomplexes bei einem natürlich vorkommenden nukleären Rezeptor in der Nähe, ggf. unmittelbaren Nähe der Ligandenbindungsstelle oder ggf. auch in einem damit überlappenden Bereich erfolgt. Wenn mittels der erfindungsgemäßen Assays jedoch die Ligandenbindungsfunktion eines mutierten oder künstlich erzeugten Ligandenbindungsabschnitts überprüft werden soll, kann es gegebenenfalls erforderlich sein, zusätzlich einen oder mehrere Abschnitte nukleärer Rezeptoren vorzusehen, von denen bekannt ist oder bezüglich jener nachweisbar ist, daß sie die Multiproteinkomplexbindung vermitteln, die jedoch keine Ligandenbindungsfunktion mehr aufweisen. In diesem Falle kann die zweite Domäne als chimäre Sequenz von Aminosäuresequenzen verschiedenen Ursprungs vorgesehen werden. Alternativ kann dieser zusätzliche Sequenzabschnitt aber auch als weitere, vierte Domäne in geeigneter Anordnung innerhalb des Fusionsproteins vorgesehen werden.

Die vorstehend erstgenannte Funktion bewirkt, daß das Fusionsprotein an die Membran gelangt und damit an den Wirkort desjenigen Teils des Fusionsproteins, welcher für die dritte Funktion verantwortlich ist. Die Ausübung der dritten Funktion steht in direkter Abhängigkeit von der als zweites genannten Ligandenbindungsfunktion des Fusionsproteins, und zwar von der Anwesenheit eines Liganden, der mit dieser Domäne interagiert.

Wie erwähnt, wird angenommen, daß nukleäre Rezeptoren in der Zelle in Abwesenheit von Ligand als inaktive Multiproteinkomplexe vorliegen. Gleiches soll in einer bevorzugten Ausführ-

rungsform für das erfindungsgemäße Fusionsprotein, das in seiner zweiten Domäne die Sequenz eines solchen nukleären Rezeptors oder von Abschnitten eines solchen enthält, gelten. Der Multiproteinkomplex kann dabei insbesondere zelleigene "heat shock"-Proteine (hsp) umfassen. Auch in einem erfindungsgemäßen Fusionsprotein mit einer zweiten Domäne, die einen mutierten oder künstlichen, z.B. mittels "molecular modelling" gestalteten Ligandenbindungsabschnitt mit einer lediglich vermuteten Ligandenbindungsfunktion enthält, ist bei dieser Ausführungsform die Multiproteinkomplexbindung im zellulären Kontext in Abwesenheit von Ligand ein wesentliches Merkmal. Gegebenenfalls muß hierfür innerhalb des Fusionsproteins, wie erläutert, ein zusätzlicher Proteinabschnitt, der die Multiproteinkomplexbindung in Abwesenheit von Ligand vermittelt, z.B. aus einem nukleären Rezeptor, vorgesehen werden. In beiden Fällen verhindert dieser Multiproteinkomplex die Aktivität der dritten Domäne oder, synonym, ras- oder ras-ähnlichen Signaltransduktionskomponente. Bindet jedoch ein spezifischer Ligand an den zugehörigen nukleären Rezeptorabschnitt, dissoziiert wie bei den *in vivo* gefundenen nukleären Rezeptoren der Multiproteinkomplex von der Rezeptordomäne ab und die ras- oder ras-ähnliche Signaltransduktionskomponente wird aktiv (siehe Fig. 1 und Fig. 3; "nuclear receptor" = nukleärer Rezeptor).

Im zellulären Kontext wird nun durch Einwirkung der aktiven Signaltransduktionskomponente ein ras- oder ras-ähnlicher Signaltransduktionsweg aktiviert. Verwendet man eine Zelle, bei der dieser ras- oder ras-ähnliche Signalweg in Abwesenheit des Fusionsproteins aufgrund von Mutationen zumindest unter bestimmten Bedingungen nicht aktiviert ist, kann eine solche allein durch das Fusionsprotein vermittelte Aktivierung über phänotypische Veränderungen, z.B. Wachstum oder Gen- bzw. Reporter-genaktivität, in der Zelle detektiert werden.

In bevorzugten Ausführungsformen dieser Erfindung umfaßt die Membranlokalisierungsdomäne die Aminosäuresequenz eines Farnesylierungssignals, Myristylierungssignals oder Prenylierungssignals oder ist davon, z.B. durch Aminosäureaustausch, -modifizierung, -insertion oder -deletion, abgeleitet.

Die Aminosäuresequenz der zweiten Domäne mit Ligandenbindungsfunktion eines nukleären Rezeptors kann die Aminosäuresequenz eines in der Natur vorkommenden nukleären Rezeptors, wie eines Steroid-Rezeptors, Orphan-Rezeptors, Vitamin-Rezeptors, beispielsweise Vitamin D-Rezeptors, Thyroxin-Rezeptors oder Retinsäurerezeptors, umfassen oder davon, z.B. durch Aminosäureanfügung, -austausch, -modifizierung, -insertion oder -deletion, abgeleitet sein. Alternativ kann die zweite Domäne einen in der Natur nicht vorkommenden, beispielsweise durch "molecular modelling" erzeugten synthetischen Rezeptorabschnitt mit gegebenenfalls zunächst nur vermuteter Ligandenbindungsfunktion umfassen.

Die dritte Domäne vermag bevorzugt, ras-Signaltransduktionswege zu aktivieren, die auf den Zellzyklus einwirken und deren Aktivierung für die Zellvermehrung essenziell ist. Alternativ und ebenso bevorzugt wirkt sie auf einen der Ras-Signalwege ein, die der Aktivierung von Transkriptionsfaktoren für Gene dienen, die für die Zellvermehrung nicht essenziell sein müssen.

Die dritte Domäne kann die Aktivität eines aktiven und insbesondere eines konstitutiv aktiven Ras-Proteins aufweisen. Konstitutiv aktive Ras-Proteine zeigen Aktivität unabhängig von der Anwesenheit von Guaninnukleotid-Austauschfaktor-Molekülen, die diverse andere Ras-Proteine für ihre Aktivität benötigen. Zu diesem Zweck kann die dritte Domäne beispielsweise die Aminosäuresequenz eines aktiven oder konstitutiv aktiven Ras-Proteins, das in der Natur vorkommt, z.B. dem humanen Ha-Ras (L61), oder von Teilen davon umfassen. Oder sie kann Aminosäuresequenzen umfassen, die von derartigen Sequenzen, z.B. durch Aminosäureanfügung, -austausch, -modifizierung, -insertion oder -deletion, abgeleitet sind.

Alternativ kann die dritte Domäne die Aktivität eines funktionellen Guaninnukleotid-Austauschfaktors aufweisen. In dieser Hinsicht kann die Aminosäuresequenz der dritten Domäne ebenfalls beispielsweise Sequenzen von in der Natur vorkommenden Guaninnukleotid-Austauschfaktoren oder Teilsequenzen davon umfassen oder sie kann davon, z.B. durch Aminosäureanfügung,

-austausch, -modifizierung, -insertion oder -deletion, abgeleitet sein. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Aminosäuresequenz der dritten Domäne abgeleitet von der Aminosäuresequenz des CDC25-Proteins aus *Saccharomyces cerevisiae*, eines SOS-Proteins aus einem Säugetier oder eines aus einem beliebigen Organismus abgeleiteten SOS-ähnlichen Proteins.

In einer bevorzugten Ausführungsform dieser Erfindung, die in den Figuren 1 und 3 schematisch erläutert ist, sind die einzelnen Domänen innerhalb des Fusionsproteins in Richtung vom N-Terminus zum C-Terminus in der Abfolge erste Domäne (Membranlokalisierungsdomäne), zweite Domäne (Domäne mit Ligandenbindungsfunktion), dritte Domäne (ras- oder ras-ähnliche Signaltransduktionskomponente) angeordnet. Die Anordnung der einzelnen Domänen kann aber auch anders sein. Beispielhaft sei hier eine Abfolge vom N-Terminus in Richtung des C-Terminus in der Reihenfolge dritte Domäne, zweite Domäne, erste Domäne aufgeführt.

Gegebenenfalls kann das erfindungsgemäße Fusionsprotein auch weitere Domänen oder Proteinabschnitte mit oder ohne Funktion umfassen, solange die vorstehend erläuterten Funktionen davon unbeeinträchtigt oder im wesentlichen unbeeinträchtigt bleiben.

Darüber hinaus umfaßt die Erfindung DNA-Moleküle, die die erfindungsgemäßen Fusionsproteine kodieren, sowie Vektoren, insbesondere Plasmide, Cosmide, Viren- oder Phagengenome, die mindestens eines dieser DNA-Moleküle umfassen. Besondere erfindungsgemäße Vektoren sind zur Transformation oder Transfektion von Wirtszellen oder zur Expression mindestens eines erfindungsgemäßen Fusionsproteins geeignet. Zu dem letztgenannten Zweck steht ein erfindungsgemäßes DNA-Molekül in dem Vektor unter Kontrolle eines in einer Wirtszelle funktionsfähigen Promotors, der die Expression ermöglicht und steuert.

Die Herstellung der erfindungsgemäßen Fusionsproteine, DNA-Moleküle und Vektoren kann nach im Stand der Technik bekannten Protokollen erfolgen (siehe z.B. Sambrook, J., Fritsch, E.F.,

Maniatis, T. (1989), Molecular Cloning. A Laboratory Handbook, Cold Spring Harbor Laboratory, New York; Current Protocols in Molecular Biology (1991)). Auch wenn die Fusionsproteine grundsätzlich vollsynthetisch aus einzelnen Aminosäure-Derivaten hergestellt werden können, wozu im Stand der Technik diverse Verfahren zur Verfügung stehen, werden sie üblicherweise über die Expression der entsprechenden Gene in Zellen produziert. Dabei kann das Gen für das Fusionsprotein extrachromosomal oder in das Genom der Wirtszelle integriert vorliegen. Die Klonierung der Gene für die Fusionsproteine ausgehend von bekannten Genabschnitten, die Proteinabschnitte mit den erforderlichen oder im Falle des Ligandenbindungs- oder Rezeptorabschnitts auch vorerst nur vermuteten Funktionen kodieren, gehört ebenso zu den Standardfähigkeiten eines Fachmanns, wie die Konstruktion von Vektoren, wie Transkriptions- oder Transfektionsvektoren oder auch Expressionsvektoren, in denen das Gen in funktionaler Verknüpfung mit einem in der Produktionszelle wirksamen Promotor vorliegt, die Transformation oder Transfektion von Wirtszellen wie auch die Züchtung der transformierten bzw. transfizierten Wirtszellen zur Produktion des Proteins. Die Isolierung und Reinigung der erfindungsgemäßen Fusionsproteine kann durch Einsatz herkömmlicher Verfahren, wie Fällung, Einsatz diverser Chromatographieverfahren, wie Gelfiltration, Affinitätschromatographie u.s.w. erfolgen. Insbesondere erlaubt die Affinitätschromatographie beispielsweise bei Verwendung von an die Matrix gebundenen spezifischen Antikörpern, die gegen eine Determinante eines bezüglich der Wirtszelle heterologen Abschnitts des Fusionsproteins gerichtet sind, eine selektive Bindung nur des Fusionsproteins. Alternativ kann das Fusionsprotein beispielsweise auch als Vorläuferprotein exprimiert werden, das eine zusätzliche Domäne mit einer spezifischen Bindungseigenschaft an eine bestimmte Affinitätssäule aufweist. Nach Bindung und darauffolgender Elution von der Affinitätssäule kann die zusätzliche Domäne dann selektiv von dem nun bereits im wesentlichen rein vorliegenden Vorläuferprotein unter Erzeugung des erfindungsgemäßen Fusionsprotein abgespalten werden. Sofern die zusätzliche Domäne die Eignung des

Fusionsproteins für die erfindungsgemäßen Assays nicht beeinflusst, besteht jedoch alternativ auch die Möglichkeit, auf den Abspaltungsschritt zu verzichten. Ein Beispiel für eine derartige Domäne besteht aus mehreren, z.B. 10, zusätzlich N-terminal angefügten Histidinresten ("His-tag"), die spezifisch an eine Metall-Chelat-Affinitätschromatographiesäule binden. Bezüglich aller genannten Techniken und den dafür erforderlichen Reagenzien, einschließlich Vektormolekülen, kann auf Standardliteratur (z.B. Sambrook, J., Fritsch, E.F., Maniatis, T. (1989), a.a.O.; Current Protocols in Molecular Biology (1991)) und eine unübersehbare Vielzahl von Einzelprotokollen verwiesen werden.

Ein weiterer zentraler Gegenstand der Erfindung sind Zellen, die eines oder mehrere der erfindungsgemäßen Fusionsproteine enthalten. Im Rahmen dieser Erfindung können dabei einzelne, mehrere oder auch alle Domänen des Fusionsproteins und/oder gegebenenfalls auch Teile einer oder mehrerer Domänen bezüglich der Wirts- oder Ausgangszelle heterolog sein.

Aufgrund der in dem Fusionsprotein enthaltenen Membranlokalisierungsdomäne liegt das Fusionsprotein in den Zellen membran-gebunden vor. Auf diese Weise befinden sich die zweite und dritte Domäne des Fusionsproteins intrazellulär in unmittelbarer Nähe der Zellmembran.

Zur Herstellung der erfindungsgemäßen Zellen kann beispielsweise eine Transformation oder Transfektion von Ausgangszellen mit einem Expressionsvektor, der ein Gen für das erfindungsgemäße Fusionsprotein unter Kontrolle eines in der Ausgangszelle funktionsfähigen Promotors enthält, erfolgen. Als Ausgangszellen kommen prokaryotische wie eukaryotische Zellen in Frage. Beispiele für Ausgangszellen sind u.a. Bakterienzellen, wie solche der Gattung *Escherichia* oder *Bacillus*, beispielsweise bestimmte Stämme von *Escherichia coli* oder *Bacillus subtilis*, Hefezellen, wie bestimmte Stämme von *Saccharomyces cerevisiae*, Insektenzellen, tierische Zellen, wie COS-7, Vero, CHO-Zellen, Mäuse-Myelomzellen, humane FL-Zellen u.s.w.

Ein wesentliches Merkmal der erfindungsgemäßen Zellen besteht darin, daß bei fehlender Bindung von Ligand an die zweite Domäne des Fusionsproteins die dritte Domäne nicht in der Lage ist, die Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalwegs in den Zellen zu bewirken.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die dritte Domäne bei fehlender Bindung von Ligand an die zweite Domäne durch einen sich an das Fusionsprotein anlagernden, bevorzugt zelleigenen Multiproteinkomplex so komplexiert, daß die dritte Domäne nicht in der Lage ist, die Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalwegs in den Zellen zu bewirken. Bei Bindung von Ligand an die zweite Domäne erfolgt jedoch eine Konformationsänderung mit Auswirkungen auf die dritte Domäne, so daß in der Folge der Multiproteinkomplex zumindest teilweise von dem Fusionsprotein abdissoziiert und die dritte Domäne ihre Aktivität zur Aktivierung eines sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalwegs in den Zellen ausüben kann.

In einer bevorzugten Ausführungsform dieser Erfindung ist die erfindungsgemäße Zelle dadurch gekennzeichnet, daß in Abwesenheit von Fusionsprotein zumindest unter bestimmten Bedingungen ein sich an ein Ras-Protein anschließender Signalweg in der Zelle nicht aktiviert werden kann, und insbesondere der Signalweg, zu dessen Aktivierung die dritte Domäne in der Lage ist. So sind im Stand der Technik Zellen bekannt, bei denen ein bestimmter ras-Signaltransduktionsweg temperaturabhängig aktiv bzw. inaktiv ist. Derartige Zellen können als Ausgangszellen für eine Expression des erfindungsgemäßen Fusionsproteins eingesetzt werden.

Die zumindest unter bestimmten Bedingungen vorliegende Inaktivierung eines ras-Signaltransduktionswegs resultiert aus einem zumindest unter den bestimmten Bedingungen nicht funktionsfähigen Ras-Protein und/oder Guaninnukleotid-Austauschfaktor. Die Inaktivierung kann auf Genmutation oder vollständiger oder teilweiser Gendeletion beruhen. Beispielsweise kann ein zelleigenes Ras-Protein inaktiviert werden, wenn dessen Membranlokalisierungssignal, in der Regel ein Farnesylierungssignal, deletiert wird. Gleiche Wirkung hätte eine Mutation in diesem Membranloka-

lisierungssignal, welche bewirkt, daß keine Bindung des Ras-Proteins an zelluläre Membranen mehr erfolgen kann. Ein Beispiel für eine Zelle mit einem temperaturabhängig defekten Guaninnukleotid-Austauschfaktor ist der *Saccharomyces cerevisiae*-Hefestamm cdc25-2. Bei diesem Stamm ist der Guaninnukleotid-Austauschfaktor bei einer restriktiven Temperatur von 33 bis 37°C, typischerweise 36°C, nicht mehr aktiv, jedoch bei einer Temperatur von beispielsweise 25°C voll funktionsfähig. Da der Guaninnukleotid-Austauschfaktor in diesem Hefestamm mit einem Ras-Protein zusammenwirkt, das einen auf den Zellzyklus einwirkenden und daher für das Zellwachstum essenziellen ras-Signaltransduktionsweg steuert, ist bei einer restriktiven Temperatur keine Vermehrung der Zellen des Hefestamms mehr festzustellen.

Beruhet die Inaktivierung oder Inaktivierbarkeit des zelleigenen ras-Signaltransduktionswegs auf einem Defekt oder Fehlen eines Guaninnukleotid-Austauschfaktors, so kann in dem bevorzugten Falle, wo das Fusionsprotein eine dritte Domäne aufweist, die eben diesen ras-Signaltransduktionsweg aktivieren kann, diese dritte Domäne die Aktivität eines funktionellen Guaninnukleotid-Austauschfaktors oder eines aktiven, insbesondere konstitutiv aktiven Ras-Proteins aufweisen, welcher bzw. welches den inaktiven ras-Signaltransduktionsweg aktivieren kann. Wird eine dritte Domäne mit einer Aktivität eines nicht konstitutiv aktiven Ras-Proteins eingesetzt, so wird sie sinnvollerweise die folgenden Eigenschaften aufweisen:

- sie benötigt eine Aktivierung durch einen andersartigen Guaninnukleotid-Austauschfaktor, der mit dem zelleigenen Ras-Protein des inaktiven ras-Signaltransduktionsweg nicht funktional wechselwirken kann. Gegebenenfalls kann dieser spezifisch geeignete Guaninnukleotid-Austauschfaktor als heterologer Faktor in der erfindungsgemäßen Zelle koexprimiert werden.

Ist die Inaktivierung oder Inaktivierbarkeit des zelleigenen ras-Signalwegs auf einen Defekt oder ein Fehlen eines zelleigenen Ras-Proteins zurückzuführen, so wird in dem bevorzugten Falle, wo das Fusionsprotein eine dritte Domäne aufweist, die eben diesen ras-Signalweg aktivieren kann, diese dritte Domäne die Aktivität eines aktiven, insbesondere konstitutiv aktiven Ras-

Proteins aufweisen. Weist die dritte Domäne die Aktivität eines nicht-konstitutiv aktiven Ras-Proteins auf, so erfolgt deren Aktivierung bevorzugt durch einen zelleigenen Guaninnukleotid-Austauschfaktor, kann jedoch alternativ hierzu auch einen in der Zelle kozytrophisierenden heterologen Guaninnukleotid-Austauschfaktor benötigen.

Die für die Herstellung der erfindungsgemäßen Zellen erforderlichen molekularbiologischen Techniken, z.B. Klonierung, Vektorkonstruktion, Transformation oder Transfektion, Selektionierung transformierter bzw. transfizierter Zellen und Züchtung der transformierten bzw. transfizierten Zellen u.s.w., sind dem Fachmann wohlbekannt und es existieren viele allgemeine Protokolle dafür, die gegebenenfalls allenfalls geringfügig angepaßt werden müssen, siehe z.B. Sambrook, J., Fritsch, E.F., Maniatis, T. (1989), a.a.O.; Current Protocols in Molecular Biology (1991) sowie zahlreiche Protokolle, die speziell für einen bestimmten Zelltyp erstellt wurden. Die Expression des Fusionsprotein kann dabei ausgehend von einem innerhalb eines Plasmides enthaltenen, extrachromosomal vorliegenden Gen wie auch ausgehend von einem in das Genom der Ausgangszelle integrierten Gen erfolgen. Für die Erzeugung von Zellen, bei denen ein bestimmter ras-Signaltransduktionsweg auf Ebene des Ras-Proteins oder eines Guaninnukleotid-Austauschfaktors inaktiviert ist, stehen dem Fachmann diverse Techniken zur gezielten Geninaktivierung, beispielsweise durch "antisense"-Strategien, oder zur gezielten Einführung von Mutationen oder Deletionen in die jeweiligen Gene bzw. zugehörigen Genomabschnitte zur Verfügung. Insbesondere gibt es diverse bekannte Möglichkeiten zur Herstellung von Zellmutanten, in denen die Transkription der Gene z.B. für das Ras-Protein oder einen Guaninnukleotid-Austauschfaktor gezielt unter bestimmten Bedingungen, z.B. temperaturabhängig, inaktiviert werden kann. Hierzu enthalten diese Zellen diese Gene insbesondere in Verknüpfung mit Promotoren, die unter bestimmten Bedingungen, wie ab einer bestimmten Temperatur, inaktiv werden.

In einer besonderen Ausführungsform der Erfindung sind die erfindungsgemäßen Zellen auf einem festen Träger aufgebracht. Als geeignete Trägersubstanzen sind im Stand der Technik insbe-

sondere Polysaccharide, z.B. Agarose, spezielle Kunststoffe, wie Polyacrylamide, Polystyrol, Polyvinylalkohol, Silikone, oder auch bestimmte Glasqualitäten bekannt. Der Träger kann hier in Form diskreter Teilchen, z.B. Kügelchen, oder als im wesentlichen plattenförmiges Substrat, z.B. in Form einer Mikrotiterplatte, vorliegen. Der Bedeckung des Trägers mit den Zellen kann vollständig sein, wie dies in der Regel z.B. bei Trägerkügelchen der Fall ist, oder auch nur auf Teilen oder Abschnitten desselben vorliegen, wie z.B. nur in den Vertiefungen einer Mikrotiterplatte. In einer bevorzugten Ausführungsform sind die erfindungsgemäßen Zellen auf sogenannten Biochips immobilisiert. Methoden zur Immobilisierung der Zellen auf diesen Trägern sind dem Fachmann bekannt. In Abhängigkeit von dem gewählten Trägertyp ist es möglich, daß die Zellen ohne weitere Maßnahmen an den Träger binden. In diesem Falle wird die feste Trägerphase mit einer im wesentlichen homogenen Population von Zellen inkubiert, wobei diese sich in der Folge an die feste Phase anheften. Alternativ kann die Immobilisierung beispielsweise auch mittels chemischer Reagenzien, wie Glutaraldehyd, Formalin u.s.w., erfolgen. Derartige Maßnahmen sind dem Fachmann bekannt.

Die erfindungsgemäßen Fusionsproteine und Zellen, die diese Fusionsproteine umfassen, sind die Grundlage mehrerer *in vivo*-Assayverfahren, die ebenfalls Gegenstand dieser Erfindung sind. Die im folgenden näher erläuterten Assayverfahren können u.a. dazu genutzt werden,

1. die Eignung einer Testsubstanz als Ligand für einen nukleären Rezeptor zu bestimmen, und in diesem Falle insbesondere Massenscreens mit Ligandenderivaten durchzuführen, um zu testen, welche Derivate in der Lage sind, an einen wildtypischen nukleären Rezeptor zu binden,
2. die Anwesenheit eines bestimmten Liganden in einer Probe zu detektieren,
3. die Konzentration eines solchen Liganden in einer Probe zu bestimmen,
4. nachzuweisen, ob eine Verbindung in der Lage ist, eine Bindungsaktivität eines Rezeptorabschnitts eines nukleären Re-

- zeptors gegenüber einem Liganden zu verändern, also als Agonist, Antagonist oder Inhibitor zu wirken, und in diesem Falle insbesondere Massenscreens zum Auffinden solcher Agonisten- oder Antagonistenverbindungen auszuführen; und
5. die Ligandenbindungsfunktion eines Polypeptids oder Proteins, bei denen eine solche Funktion vermutet wird, für Liganden von nukleären Rezeptoren nachzuweisen; bei den Polypeptiden oder Proteinen kann es sich insbesondere auch um durch Mutation von natürlichen Rezeptoren abgeleitete neuartige nukleäre Rezeptoren handeln, deren Ligandenbindungsfunktion noch bestätigt werden muß; in diesem Zusammenhang können insbesondere Massenscreens mit derartigen neuartigen, mutierten Ligandenbindungsabschnitten, die beispielsweise in Form einer Rezeptormutantenbibliothek, die insbesondere Rezeptormutanten mit zufallsbedingt lokalisierten Mutationen im Ligandenbindungsabschnitt enthält, durchgeführt werden, um neue künstliche, funktionelle Liganden-Rezeptor-Partner zu finden.

Ein erster Assay dient der Bestimmung der Eignung einer Testsubstanz als Ligand für einen Rezeptor- oder, synonym, Ligandenbindungsabschnitt eines nukleären Rezeptors und umfaßt die folgenden Schritte:

- (a) Inkontaktbringen der Testsubstanz mit erfindungsgemäßen Zellen unter Bedingungen, bei denen in Abwesenheit des Fusionsproteins ein sich an ein Ras-Protein anschließender Signalweg in den Zellen nicht aktiviert werden kann, wobei das in den Zellen enthaltene Fusionsprotein eine zweite Domäne, die den genannten Rezeptorabschnitt umfaßt, und eine dritte Domäne, die in der Lage ist, den inaktiven, sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweg in den Zellen zu aktivieren, umfaßt,
- (b) Untersuchen, ob eine Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges erfolgt ist.

Ein Nachweis der Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges zeigt dabei die Bindungsfähigkeit der Testsubstanz an die zweite Domäne des Fusionsproteins und dementsprechend an den Rezeptorabschnitt an.

Ein weiterer *in vivo*-Assay ermöglicht den Nachweis der Anwesenheit eines Liganden für einen Rezeptorabschnitt eines nukleären Rezeptors in einer Probe, die diesen möglicherweise enthält, und ist durch die folgenden Schritte gekennzeichnet:

(a) Inkontaktbringen der Probe mit erfindungsgemäßen Zellen unter Bedingungen, bei denen in Abwesenheit von Fusionsprotein ein sich an ein Ras-Protein anschließender Signalweg in den Zellen nicht aktiviert werden kann, wobei das in den Zellen enthaltene Fusionsprotein eine zweite Domäne, die den genannten Rezeptorabschnitt umfaßt, und eine dritte Domäne, die in der Lage ist, den inaktiven, sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweg in den Zellen zu aktivieren, umfaßt,

(b) Untersuchen, ob eine Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges erfolgt ist.

Analog zu dem erstgenannten Assay zeigt ein Nachweis der Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges die Anwesenheit eines Liganden für die zweite Domäne des Fusionsproteins und dementsprechend für den Rezeptorabschnitt eines nukleären Rezeptors in der Probe an.

Als bevorzugte ras-Signalwege werden in diesem Zusammenhang, wie erläutert, Signalwege angesehen, die auf den Zellzyklus einwirken und deren Aktivierung für die Zellvermehrung essenziell ist. Alternative und ebenso bevorzugte ras-Signalwege dienen der Aktivierung von Transkriptionsfaktoren für Gene, die für die Zellvermehrung nicht essenziell sein müssen.

Der Nachweis der ras-Signalwegsaktivierung erfolgt bei den erfindungsgemäßen Assays bevorzugt indirekt, d.h. über phänotypische Änderungen, hier insbesondere Zellvermehrung oder Gen- bzw. Reportergenaktivität, in den Zellen.

Werden dementsprechend für die Assays Zellen eingesetzt, bei denen der inaktive, sich an ein Ras-Protein anschließende Signalweg ein Signalweg ist, der auf den Zellzyklus einwirkt und dessen Aktivierung für die Zellvermehrung essenziell ist, umfassen die vorstehend erläuterten Schritte (b), zu untersuchen, ob die Zellen unter den genannten Bedingungen vermehrungsfähig sind, wobei ein Nachweis der Vermehrungsfähigkeit der Zellen die Bindungsfähigkeit der Testsubstanz an bzw. die Anwesenheit eines

Liganden für die zweite Domäne des Fusionsproteins und dementsprechend den Rezeptorabschnitt eines nukleären Rezeptors in der Probe anzeigt.

Setzt man für die Assays alternativ Zellen ein, bei denen der inaktive, sich an ein Ras-Protein anschließende Signalweg ein Signalweg ist, der auf die Aktivität eines Transkriptionsfaktors für ein Gen, das für die Zellvermehrung nicht notwendigerweise essenziell ist, einwirkt, so kann bei gleichzeitigem Vorliegen eines Konstrukts, umfassend eine Bindungsstelle für den Transkriptionsfaktor, einen damit zusammenwirkenden Minimalpromotor und ein unter Kontrolle des Minimalpromotors stehendes bezüglich der Assayzelle heterologes Reportergen, der Nachweis einer Expression des heterologen Reportergens für die Feststellung der Aktivierung des ras-Signaltransduktionswegs und damit einer erfolgten Ligandenbindung an die zweite Domäne herangezogen werden. Denn nur bei Aktivierung des ras-Signaltransduktionsweges kann es zu einer Aktivierung des genannten Transkriptionsfaktors kommen, welcher in der Folge über die Bindung an seine Bindungsstelle den Minimalpromotor aktivieren kann und damit die Expression des Reportergens ermöglicht.

Essenziell ist bei dieser Ausführungsform, daß es sich bei dem Reportergen und/oder dem dadurch kodierten Reporterprotein um ein bezüglich der Assayzelle heterologes Gen bzw. Protein handelt, dessen Anwesenheit spezifisch nur dann nachgewiesen werden kann, wenn die Expression des synthetischen Promotor-Reportergen-Konstrukts aufgrund der Aktivierung des spezifischen ras-Signalweges und der infolge auftretenden Aktivierung des spezifischen Transkriptionsfaktors erfolgt. Erfolgt der Nachweis nicht über einen direkten Nachweis des Transkriptions- oder Translationsprodukts mittels dafür spezifischer Nukleinsäuresonden oder Antikörper, sondern z.B. über die enzymatische Aktivität eines Translationsprodukts, muß bei einer Verwendung von Enzyme kodierenden Genen vorab sichergestellt werden, daß die verwendete Assayzelle vor der Transformation oder Transfektion mit dem synthetischen Promotor-Reportergen-Konstrukt eine enzymatische Aktivität, wie sie das bei Ligandenbindung exprimierte he-

terologe Enzym ausübt, nicht enthält. Entsprechendes gilt für die anderen Reporterproteintypen.

Alternativ kann als Reportergen auch ein bezüglich der Assayzelle homologes Gen eingesetzt werden. Eine Reportergenexpression infolge der Aktivierung eines Transkriptionsfaktors, die nur aufgrund der im Assay nachzuweisenden Aktivierung eines sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges in den Zellen erfolgt, wird in diesem Falle zu einer Erhöhung der in den Zellen vorliegenden Mengen an Transkriptionsprodukt des Reportergens und gegebenenfalls auch einer erhöhten Menge an Translationsprodukt des Reportergens führen, welche anhand von Vergleichsversuchen ohne Einsatz von Ligand, z.B. mittels Northern-Blotting oder Western-Blotting, ermittelt werden können.

Bei Wahl dieser beiden letztgenannten Alternativen ist die Kenntnis des jeweiligen durch den gewählten ras-Signaltransduktionsweg aktivierten Transkriptionsfaktors sowie des mit diesem Transkriptionsfaktor zusammenwirkenden Promotorabschnitts bzw. von dessen Sequenz erforderlich. Um diese Assayvariante zu ermöglichen, wird die Assayzelle mit einem Konstrukt, umfassend den Promotor in funktionaler Verknüpfung mit dem Reportergen, transformiert bzw. transfiziert, was gegebenenfalls im Wege der Cotransformation oder Cotransfektion zusammen mit dem Konstrukt, das das Fusionsprotein kodierende Gen enthält, erfolgen kann.

Gegenwärtig sind bereits eine Reihe von ras-Signaltransduktionswegen z.B. in unterschiedlichen eukaryotischen Organismen vollständig auch bezüglich der dadurch aktivierten Transkriptionsfaktoren und den damit zusammenwirkenden Promotorbereichen erforscht. Somit steht dem Fachmann für eine diesbezügliche Auswahl eine Reihe von Möglichkeiten zur Verfügung.

Die für die Herstellung von Transformations- oder Expressionsvektoren, die das Reportergen in funktionaler Verknüpfung mit einem geeigneten spezifischen Promotor enthalten, sowie die Transformation oder Transfektion von Zellen erforderlichen molekularbiologischen Techniken, z.B. Klonierung, Vektorkonstruktion u.s.w., sind dem Fachmann wohlbekannt und es existieren zahlreiche allgemeine Protokolle dafür, die gegebenenfalls allenfalls einer geringfügigen Anpassung bedürfen (siehe z.B. Sambrook, J.,

Fritsch, E.F., Maniatis, T. (1989), a.a.O.; Current Protocols in Molecular Biology (1991)).

Als hier einsetzbare Reportergene sind dem Fachmann zahlreiche Gene bekannt, die Proteine kodieren, die einem einfachen und schnellen Nachweis zugänglich sind. Beispiele hierfür sind Gene, die enzymatisch aktive Proteine, z.B. β -Galactosidase, fluoreszierende Proteine, z.B. GFP ("green fluorescence protein") oder chemolumineszierende Proteine kodieren. Eine weitere Möglichkeit besteht in Genen, die Proteine kodieren, die mittels spezifischer Antikörper nachgewiesen werden können. Hierbei trägt dann der Antikörper eine nachweisbare Markierung oder kann seinerseits durch einen sekundären, markierten Antikörper nachgewiesen werden. Derartige Möglichkeiten sind im Stand der Technik wohl bekannt. Wie bereits vorstehend erläutert, ist neben dem Erfordernis der Nachweisbarkeit allein essenziell, daß das in der Zelle nachzuweisende Ereignis, z.B. enzymatische Aktivität, Antikörperbindung, Fluoreszenz, Chemolumineszenz, in Abwesenheit des Konstrukts mit dem Gen für das Reporterprotein nicht nachweisbar ist.

Alternativ kann die Transkription des Reportergens anhand der gebildeten mRNA mittels dafür spezifischer Sonden durch Northern-Blotting nachgewiesen werden.

Ein weiterer *in vivo*-Assay erlaubt die quantitative Bestimmung der Konzentration eines Liganden für den Rezeptorabschnitt eines nukleären Rezeptors in einer Probe, die diesen enthält, und umfaßt die folgenden Schritte:

(a) Inkontaktbringen eines Aliquots der Probe mit erfindungsgemäßen Zellen unter Bedingungen, bei denen in Abwesenheit des Fusionsproteins ein sich an ein Ras-Protein anschließender Signalweg in den Zellen nicht aktiviert werden kann, wobei das in den Zellen enthaltene Fusionsprotein eine zweite Domäne, die den genannten Rezeptorabschnitt umfaßt, und eine dritte Domäne, die in der Lage ist, den inaktiven, sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweg in den Zellen zu aktivieren, umfaßt,

(b) quantitatives Nachweisen des Ausmaßes der Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges auf direktem oder indirektem Weg und

(c) Ermittlung der Konzentration des Liganden in der Probe durch Vergleich des ermittelten Aktivierungsausmaßes mit entsprechenden Werten, die für bekannte Standardkonzentrationen des Liganden ermittelt wurden.

Verwendet man für den quantitativen Nachweis des Schrittes (b) Zellen, bei denen der zumindest unter bestimmten Bedingungen inaktive ras-Signaltransduktionsweg ein Signalweg ist, der auf den Zellzyklus einwirkt und dessen Aktivierung für die Zellvermehrung essenziell ist, erfolgt dieser auf einfache Weise, indem die Vermehrung der Zellen zu einem festgelegten Zeitpunkt oder die Vermehrungsrate der Zellen unter den genannten Bedingungen bestimmt wird. Die erhaltenen Daten werden dann mit anhand von Standardpräparationen bekannter Konzentration erhaltenen Daten verglichen und die Konzentration der Probe rechnerisch ermittelt.

Alternativ kann auch hier der quantitative Nachweis des Ausmaßes der ras-Signalwegsaktivierung anhand des Ausmaßes der Expression eines Reportergens in der Zelle erfolgen. Wie vorstehend erläutert, kann dessen Expression nur aufgrund der infolge der Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalwegs bewirkten Aktivierung eines spezifischen Transkriptionsfaktors erfolgen. Bevorzugt erfolgt der Assay bei dieser Nachweisvariante unter Bedingungen, die eine Zellvermehrung ausschließen, beispielsweise durch Verwendung der cdc25-2-Hefemutante bei restriktiven Temperaturen, so daß die Menge an Transkriptionsprodukt des Reportergens oder die exprimierte Menge an Reporterprotein zu einem bestimmten Zeitpunkt oder alternativ die Expressionsrate dieses Reportergens bezogen auf das Transkriptions- oder Translationsprodukt von diesem bei im wesentlichen gleichbleibender Zellzahl bestimmt werden kann. Jedoch kann die quantitative Bestimmung auch unter Proliferationsbedingungen erfolgen, wenn gleichzeitig fortlaufend oder in bestimmten Zeitabständen die Zellzahl bestimmt wird und die ermittelten Werte für die Reporterexpression in Werte pro Einheitswert der Zellzahl umgerechnet werden.

Alternativ kann auch hier ein Nachweis über die Expression eines zu der Wirtszelle homologen Reportergens eingesetzt wer-

den, wobei hier die jeweils beobachtbare Zunahme der Expression des Reportergens gegenüber dem in Zellen ohne Aktivierung des ras-Signalwegs vorliegenden Expressionsniveau für die Ermittlung des Ergebnisses herangezogen wird.

Ein weiterer alternativer *in vivo*-Assay ermöglicht den Nachweis, ob eine Verbindung in der Lage ist, eine Bindungsaktivität eines Rezeptorabschnitts eines nukleären Rezeptors gegenüber einem Liganden zu verändern, also als Agonist, Antagonist oder Inhibitor zu wirken. Dieser Assay ist durch die folgenden Schritte gekennzeichnet:

(a) Inkontaktbringen des Liganden in Anwesenheit der Verbindung mit erfindungsgemäßen Zellen unter Bedingungen, bei denen die Verbindung in die Zellen diffundieren kann oder sie von den Zellen produziert wird und bei denen in Abwesenheit von Fusionsproteinen ein sich an ein Ras-Protein anschließender Signalweg in den Zellen nicht aktiviert werden kann, wobei das in den Zellen enthaltene Fusionsprotein eine zweite Domäne, die den genannten Rezeptorabschnitt umfaßt, und eine dritte Domäne, die in der Lage ist, den inaktiven, sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweg in den Zellen zu aktivieren, umfaßt,

(b) Untersuchen, ob und gegebenenfalls in welchem Ausmaß eine Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges erfolgt ist,

(c) Vergleichen des Untersuchungsergebnisses von Schritt (b) mit einem Untersuchungsergebnis, das bei Ausführen des Assay in Abwesenheit der Verbindung erhalten wird.

Dabei zeigt eine verstärkte Aktivierung des ras-Signaltransduktionsweges in Anwesenheit der Verbindung eine Agonistenfunktion dieser Verbindung, eine verringerte oder gegebenenfalls auch vollständig fehlende Aktivierung dagegen eine Antagonisten- oder Inhibitorfunktion der Verbindung an.

Schritt (a) kann dabei umfassen, die Verbindung vor dem Liganden den Zellen zuzusetzen, wobei gegebenenfalls eine Vorinkubation der Verbindung mit den Zellen vorgenommen werden kann, die Verbindung separat, aber gleichzeitig mit dem Liganden den Assayzellen zuzusetzen oder die Verbindung vorab mit dem Liganden zu mischen und gegebenenfalls eine Vorinkubation der beiden

Verbindungen durchzuführen und erst dann die Mischung den Assayzellen zuzusetzen.

Wird die Verbindung den Zellen zugesetzt, muß sichergestellt sein, daß die Verbindung auch in die Zellen diffundieren kann, um dort mit dem Fusionsprotein wechselzuwirken. Handelt es sich bei der Verbindung um ein Peptid, Polypeptid oder Protein, so kann die Verbindung auch durch Expression eines dafür kodierenden Gens innerhalb der Zelle selbst hergestellt werden. Zu diesem Zweck können die Zellen mit einem Expressionsvektor, der ein solches Gen enthält, transformiert oder transfiziert werden. Die hierfür erforderlichen Mittel und Methoden sind dem Fachmann wohlbekannt.

Wird die auf ihre Agonisten- oder Antagonistenwirkung zu testende Verbindung in der Assayzelle exprimiert, so erfolgt die Expression des dafür kodierenden Gens vorzugsweise unter Kontrolle eines konstitutiv aktiven Promotors sowie unter Verwendung von Zellen, in denen der ras-Signaltransduktionsweg nur unter den speziellen Assaybedingungen inaktiviert wird. Ein solches System ermöglicht es, auszuschließen, daß allein die Expression der Verbindung in der Zelle Veränderungen hervorruft, die das Ergebnis des Assay verfälschen könnten. Für diesen Ausschluß ist erforderlich, die Aktivität des unter restriktiven Bedingungen inaktivierten zelleigenen ras-Signaltransduktionsweges unter nicht-restriktiven Bedingungen und in Abwesenheit von Ligand nachzuweisen. Wird unter nicht-restriktiven Bedingungen und in Abwesenheit von Ligand gearbeitet, ist das Fusionsprotein inaktiv, so daß die nachweisbare Aktivierung des ras-Signaltransduktionsweges anzeigt, daß das Expressionsprodukt mit keiner Komponente des ras-Signaltransduktionsweges, und insbesondere nicht mit dem dafür spezifischen Ras-Protein oder Guaninnukleotid-Austauschfaktor, interferiert. Auf diese Weise kann ausgeschlossen oder die Wahrscheinlichkeit minimiert werden, daß das Expressionsprodukt anstatt mit der zweiten Domäne mit der dritten Domäne wechselwirkt, so daß deren Fähigkeit zur Aktivierung des ras-Signaltransduktionsweges beseitigt wird.

Ein entsprechender Test auf Aktivierung des jeweiligen ras-Signaltransduktionsweges unter nicht-restriktiven Bedingungen, in

Anwesenheit der Verbindung und in Abwesenheit von Ligand wird analog bei einer Verbindung, die den Assayzellen von außen zugesetzt wird, vorgenommen.

Handelt es sich bei dem unter den Assaybedingungen inaktivierbaren ras-Signaltransduktionsweg um einen, dessen Aktivierung für die Zellvermehrung essenziell ist, so wird unter nicht-restriktiven Bedingungen einfach die normale Vermehrbarkeit der Zellen sichergestellt. Erfolgt der Nachweis unter Nutzung einer Reporterogenaktivität, so ist ein Nachweis dieser Reporterogenaktivität unter nicht-restriktiven Bedingungen erforderlich.

Für den Nachweis unter den restriktiven Bedingungen des Assay in Schritt (b) besteht ebenfalls beispielsweise die Möglichkeit, die Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges über die gegebenenfalls erfolgende Expression eines zu den Zellen heterologen Reportergens, die nur aufgrund der infolge der Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges erfolgenden Aktivierung eines spezifischen Transkriptionsfaktors erfolgt, nachzuweisen. Der bei Nachweis von Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges erfolgende Nachweis des Ausmaßes dieser Aktivierung, kann eine quantitative Bestimmung umfassen, bei welcher die in den Zellen vorliegende Menge an Transkriptions- oder Translationsprodukt (Reporterprotein) des Reportergens zu einem bestimmten Zeitpunkt oder die Transkriptionsrate des Reportergens oder die Expressionsrate des Reporterproteins unter den genannten Bedingungen bestimmt wird.

Alternativ kann auch nur eine Analyse von Aliquots, d.h. gleichen Volumina der bis auf den Zusatz der Verbindung identisch erzeugten und behandelten Assaylösungen, bevorzugt unter Sicherstellen gleicher oder im wesentlichen gleicher Zellzahlen in diesen Aliquots, vorgenommen werden. In diesem Falle erfolgt keine absolute Quantifizierung des Expressionsniveaus des Reportergens, sondern es wird nur ein relativer Vergleich der Expressionsniveaus in beiden Assays ermöglicht.

In dem Falle, wo der Vergleich in Schritt (c) ergibt, daß in Anwesenheit der Verbindung eine stärkere Expression des Reportergens auftritt, ist eine Agonistenwirkung der Verbindung und

in dem Falle, wo der Vergleich in Schritt (c) ergibt, daß in Anwesenheit der Verbindung eine geringere Expression des Reportergens auftritt, eine Antagonistenwirkung der Verbindung anzunehmen. Wie der vorstehend beschriebene quantitative Assay wird auch dieser Assay bevorzugt unter Bedingungen durchgeführt wird, bei denen keine Vermehrung der Zellen auftritt.

Alternativ kann das für den Nachweis eingesetzte Reportergen auch hier zu der Assayzelle homolog sein, wobei hier die jeweils beobachtbare Zunahme der Expression, d.h. Transkription und/oder Translation, des Reportergens gegenüber dem in Zellen ohne Aktivierung des ras-Signalwegs vorliegenden Expressionsniveau für die Ermittlung des Ergebnisses herangezogen wird.

Werden für den Assay Zellen eingesetzt, bei denen der inaktive, sich an ein Ras-Protein anschließende Signalweg ein Signalweg ist, der auf den Zellzyklus einwirkt und dessen Aktivierung für die Zellvermehrung essenziell ist, umfaßt Schritt (b), zu untersuchen, ob und gegebenenfalls in welchem Ausmaß die Zellen unter den genannten Bedingungen vermehrungsfähig sind. In dem Falle, wo der Vergleich in Schritt (c) ergibt, daß in Anwesenheit der Verbindung eine stärkere Zellvermehrung auftritt, ist auf eine Agonistenwirkung der Verbindung und in dem Falle, wo der Vergleich in Schritt (c) ergibt, daß in Anwesenheit der Verbindung eine geringere Zellvermehrung auftritt, auf eine Antagonistenwirkung der Verbindung zu schließen.

Wie sämtliche Assays im Rahmen dieser Erfindung eignet sich auch dieser Assay insbesondere für ein Massenscreening, hier auf Agonisten- und Antagonistenverbindungen für nukleäre Rezeptoren.

Alternativ kann dieser Assay auch als zusätzlicher Test zur Bestätigung der Ligandenbindungseigenschaft eines neuen, insbesondere synthetischen Ligandenbindungsabschnitts oder zur Bestätigung der Eignung einer Testsubstanz als Ligand für den Ligandenbindungsabschnitt herangezogen werden. Liegt eine Ligandenbindungseigenschaft des Ligandenbindungsabschnitts vor bzw. liegt eine Eignung als Ligand für den Ligandenbindungsabschnitt vor, so müßte bei Verwendung eines bekannten Agonisten für den zum ersten Nachweis der Ligandeneigenschaft eingesetzten Liganden bzw. für den Ligandenbindungsabschnitt eine verstärkte Akti-

vierung des Ras- oder Ras-ähnlichen Signalweges beobachtet werden, und bei Verwendung eines bekannten Antagonisten für den Liganden bzw. den Ligandenbindungsabschnitt im Gegenzug eine verringerte Aktivierung des Ras- oder Ras-ähnlichen Signalweges.

Ein weiterer alternativer *in vivo*-Assay ermöglicht den Nachweis, ob ein Polypeptid oder Protein, bei dem eine Ligandenbindungsfunktion eines nukleären Rezeptors vermutet wird, diese auch tatsächlich aufweist. Dieser Assay umfaßt die folgenden Schritte:

- (a) Inkontaktbringen von erfindungsgemäßen Zellen mit dem Liganden unter Bedingungen, bei denen in Abwesenheit des Fusionsproteins ein sich an ein Ras-Protein anschließender Signalweg in den Zellen nicht aktiviert werden kann, wobei das in den Zellen enthaltene Fusionsprotein eine zweite Domäne, die das zu untersuchende Polypeptid oder Protein umfaßt, und eine dritte Domäne, die in der Lage ist, den inaktiven, sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweg in den Zellen zu aktivieren, umfaßt,
- (b) Untersuchen, ob eine Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges erfolgt ist.

Ein Nachweis der Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges zeigt an, daß die zweite Domäne des Fusionsproteins und dementsprechend das zu untersuchende Polypeptid oder Protein eine Ligandenbindungsfunktion eines nukleären Rezeptors aufweist.

Beispielsweise kann das in den Zellen enthaltene Fusionsprotein eine zweite Domäne umfassen, die einen von einem natürlich vorkommenden Rezeptorabschnitt eines nukleären Rezeptors durch Mutation abgeleiteten Rezeptorabschnitt enthält.

Wie zuvor, kann die Aktivierung des ras-Signaltransduktionsweges bei Verwendung von Zellen, bei denen der zumindest unter bestimmten Bedingungen inaktive ras-Signaltransduktionsweg ein Signalweg ist, der auf den Zellzyklus einwirkt und dessen Aktivierung für die Zellvermehrung essenziell ist, anhand einer gegebenenfalls erfolgenden Zellvermehrung nachgewiesen werden.

Alternativ kann der Nachweis der Aktivierung des ras-Signaltransduktionsweges auch anhand der gegebenenfalls feststellbaren Expression eines Reportergens in den Zellen erfolgen.

Wie erläutert, erfolgt dessen Expression, wenn es sich um ein heterologes Reportergen handelt, nur aufgrund der infolge der Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweges erfolgenden Aktivierung eines spezifischen Transkriptionsfaktors. Im Falle eines homologen Reportergens wird auf den Nachweis der Erhöhung der Reportergenexpression, z.B. aufgrund höherer Mengen an Transkriptions- oder Translationsprodukt, im Vergleich zu dem Expressionsniveau ohne Aktivierung des spezifischen Ras-Signaltransduktionswegs abgestellt.

Die Detektion von nukleärer Rezeptor-Liganden-Interaktionen mittels der erfindungsgemäßen Assayverfahren, Zellen und Fusionsproteine ist nicht auf eukaryotische Zellen als *in vivo*-Testsystem beschränkt, sondern kann wahlweise auch in prokaryotischen Zellen erfolgen.

Bezüglich der Assaybedingungen sind keine bestimmten allgemeinen Vorgaben erforderlich. Im Falle eines Nachweises der gegebenenfalls erfolgenden Zellvermehrung ist jedoch darauf zu achten, daß das verwendete Medium eine solche grundsätzlich ermöglicht. Sofern in den Zellen Gene, wie erläutert, durch Wahl bestimmter Assaybedingungen inaktiviert werden können und im Zuge des Assays auch inaktiviert werden sollen, sind diese Bedingungen, wie z.B. eine bestimmte restriktive Assaytemperatur, bei cdc25-2-Zellen z.B. 33 - 37°C, während des Assay einzuhalten. Das gewählte Reaktionsmedium sollte ferner nicht mit der Testverbindung oder dem Liganden, die diesem zugesetzt werden, auf eine Weise wechselwirken, daß der Assay beeinträchtigt wird.

Als Liganden können in sämtlichen vorstehend erläuterten Assayverfahren natürliche vorkommende Substanzen, wie Hormone, insbesondere Steroidhormone, Vitamine, z.B. Vitamin D, Thyroxin oder Retinsäure, wie auch in der Natur nicht vorkommende Substanzen, z.B. synthetische Derivate natürlicher Liganden oder Giftstoffe, wie Dioxin, untersucht bzw. bestimmt werden. Da die Liganden nukleärer Rezeptoren überwiegend kleine Moleküle mit geringer relativer Molekülmasse und von überwiegend hydrophober Natur darstellen, diffundieren diese ohne weitere Maßnahmen in die erfindungsgemäßen Assayzellen, um dort mit dem intrazellulär

und unmittelbar an der Zellmembran lokalisierten Ligandenbindungsabschnitt des Fusionsproteins eine Bindung einzugehen. Sofern gewünscht und/oder erforderlich, können die Zellen jedoch vor dem Assay in geeigneter Weise vorbehandelt werden, um die äußere Zellmembran für den Durchtritt der Testverbindung oder des Liganden durchlässiger zu machen. Ein Beispiel hierfür ist die Herstellung von Zell-"ghosts" durch z.B. enzymatische Behandlung der Zellen. Derartige wie auch auf andere Weise hergestellte Zell-"ghosts" sowie Zellen mit zur Erhöhung der Permeabilität anderweitig modifizierter Zellwand werden im vorliegenden Zusammenhang von dem Begriff "Zellen" mit umfaßt.

Sollte es sich bei den zu testenden Liganden um Peptide, Polypeptide oder Proteine handeln, so könnten diese auch in der Assayzelle ausgehend von in die Assayzelle eingeschleusten Nukleinsäurekonstrukten, die diese kodieren, exprimiert werden, allerdings in diesem Falle nicht konstitutiv, sondern unter Kontrolle eines induzierbaren Promotors. Das Inkontaktbringen der Assayzelle mit dem Liganden erfolgt dementsprechend unter den Bedingungen, bei denen die Expression des zu testenden Liganden in der Zelle induziert wird. Dem Fachmann sind zu diesem Zweck eine Vielzahl von induzierbaren Promotoren, die beispielsweise durch bestimmte Temperaturen oder chemische Verbindungen induzierbar sind, bekannt.

Der Nachweis der Aktivierung des ras-Signaltransduktionswegs erfolgt je nach Nachweisstrategie auf dem Fachmann geläufige Weise. Befinden sich die Zellen während des Assay immobilisiert an einem festen Träger, so kann es insbesondere bei Nachweis einer Reporterogenaktivität oder -transkription oder eines Reporterproteins erforderlich oder hilfreich sein, die Zellen vor der Nachweisreaktion zu solubilisieren, d.h. sie von dem Träger abzulösen und ggf. auch aufzubrechen. Auch die hierfür erforderlichen Maßnahmen und Reagenzien sind dem Fachmann wohlbekannt.

Die Erfindung stellt darüber hinaus Kits zur Verwendung in den erfindungsgemäßen Assays bereit, welche es z.B. ermöglichen, schnell und effizient zu bestimmen, ob ein spezifischer

Ligand in der Lage ist, an einen bestimmten nukleären Rezeptor oder Teile von solchen zu binden.

Ein erster Kit der Erfindung zur Verwendung in den Assayverfahren zur Bestimmung der Eignung einer Testsubstanz als Ligand für einen Rezeptorabschnitt eines nukleären Rezeptors, zur Bestimmung der Anwesenheit eines Liganden für einen Rezeptorabschnitt eines nukleären Rezeptors in einer Probe, zur Konzentrationsbestimmung eines solchen Liganden sowie zur Charakterisierung von Verbindungen als mögliche Agonisten oder Antagonisten bezüglich nukleärer Rezeptor-Liganden-Wechselwirkungen umfaßt jeweils erfindungsgemäße Zellen mit den vorstehend bei den Assayverfahren im Einzelnen erläuterten Eigenschaften. So enthalten die Zellen des Kits beispielsweise bei einem vorgesehenen Nachweis einer Reportergenaktivität zusätzlich ein Konstrukt mit einer Bindungsstelle für den Transkriptionsfaktor, der spezifisch durch den ras-Signalweg, dessen Aktivierung mittels der Assays nachgewiesen werden soll, aktiviert wird, einem Minimalpromotor und dem Reportergen. Alternativ kann der Kit wie auch alle folgenden einen Transformations- bzw. Transfektionsvektor, der das Konstrukt enthält, umfassen. Auf diese Weise kann der Verwender des Kits bei Wahl dieses Nachweisweges die im Kit enthaltenen Assayzellen durch Transformation oder Transfektion mit diesem Konstrukt ausstatten. In einer weiteren Ausführungsform dieses und aller folgenden Kits enthält der separat im Kit bereitgestellte Transformations- bzw. Transfektionsvektor nur die Bindungsstelle für den Transkriptionsfaktor und den damit funktional verknüpften Minimalpromotor sowie eine geeignet vorgesehene Insertionsstelle für die Insertion eines durch den Verwender frei wählbaren Reportergens.

Darüber hinaus kann dieser Kit wie auch alle folgenden unter anderem gegebenenfalls auch einen Assaypuffer, Reagenzien zur Detektion der phänotypischen Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signaltransduktionsweges in diesen Zellen und/oder eine Gebrauchsanweisung enthalten.

Ein alternativer Kit für die vorstehend genannten Assayverfahren umfaßt die folgenden Komponenten:

- a) Zellen, in denen zumindest unter bestimmten Bedingungen der sich an ein Ras-Protein anschließende Signalweg nicht aktiviert werden kann,
- b) einen oder mehrere Transformations- oder Transfektionsvektoren, die mindestens eine DNA-Sequenz enthalten, die ein Fusionsprotein, wie vorstehend definiert, kodiert, wobei das Fusionsprotein eine dritte Domäne, die in der Lage ist, den inaktiven oder inaktivierbaren, sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweg in den Zellen zu aktivieren, umfaßt,
- c) gegebenenfalls Reagenzien zur Transformation oder Transfektion der Zellen mit dem Transformations- oder Transfektionsvektor,
- d) gegebenenfalls Reagenzien zur Detektion der phänotypischen Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signaltransduktionsweges in diesen Zellen.

Ein weiterer alternativer Kit ermöglicht die Herstellung der Assayzelle mit einem Fusionsprotein, das eine individuell gewünschte zweite Domäne enthält. Er umfaßt folgende Komponenten:

- a) Zellen, in denen zumindest unter bestimmten Bedingungen ein sich an ein Ras-Protein anschließender Signalweg nicht aktiviert werden kann,
- b) einen Transformations- oder Transfektionsvektor, der in geeigneter Anordnung
 - eine DNA-Sequenz, die eine erste Domäne eines Fusionsproteins, wie vorstehend definiert, kodiert,
 - eine DNA-Sequenz, die eine dritte Domäne eines Fusionsproteins, wie vorstehend definiert und die in der Lage ist, den inaktiven oder inaktivierbaren, sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweg in den Zellen zu aktivieren, kodiert, und
 - eine geeignet angeordnete Insertionsstelle zur funktionalen Insertion einer DNA-Sequenz, die eine zweite Domäne, wie vorstehend definiert, kodiert,aufweist, wobei nach Insertion einer DNA-Sequenz für die zweite Domäne der Vektor ein vollständiges Gen für ein Fusionsprotein, wie es vorstehend definiert wurde, umfaßt,

- c) gegebenenfalls Reagenzien zur Transformation oder Transfektion der Zellen mit dem Transformations- oder Transfektionsvektor,
- d) gegebenenfalls Reagenzien zur Detektion der phänotypischen Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signaltransduktionsweges in diesen Zellen.

Auch für die beiden letztgenannten Assays gilt, daß die in dem Kit enthaltenen Zellen bei einem vorgesehenen Nachweis einer Reportergergenaktivität u.a. zusätzlich auch ein Konstrukt, umfassend eine Bindungsstelle für einen Transkriptionsfaktor, dessen Aktivierung infolge der Aktivierung des speziellen ras-Signalwegs, dessen Aktivierung durch den Assay nachgewiesen werden soll, erfolgt, einen Minimalpromotor und das Reportergergen, wie vorstehend erläutert, enthalten können, oder es kann alternativ getrennt von den Zellen ein Transformations- oder Transfektionsvektor mit dem Transkriptionsfaktorbindungsstelle-Minimalpromotor-Reportergergen-Konstrukt oder mit einem andersartigen Konstrukt, umfassend die Transkriptionsfaktorbindungsstelle und den Minimalpromotor und darüber hinaus eine geeignet angeordneten Insertionsstelle für ein frei wählbares Reportergergen, vorgesehen werden.

Durch die Erfindung werden auch Kits für die erfindungsgemäßen Assayverfahren zum Nachweis, ob ein Polypeptid oder Protein eine Ligandenbindungsfunktion eines nukleären Rezeptors aufweist, bereitgestellt. Ein hierfür geeigneter Kit umfaßt erfindungsgemäße Zellen, wobei das darin enthaltene Fusionsprotein eine zweite Domäne, die ein Polypeptid oder Protein umfaßt, bei dem eine Ligandenbindungsfunktion eines nukleären Rezeptors vermutet wird, umfaßt.

Ein alternativer Assay umfaßt folgende Komponenten:

- a) Zellen, in denen zumindest unter bestimmten Bedingungen ein sich an ein Ras-Protein anschließender Signalweg nicht aktiviert werden kann,
- b) einen oder mehrere Transformations- oder Transfektionsvektoren, die mindestens eine DNA-Sequenz umfassen, die ein Fusionsprotein, wie vorstehend definiert, dessen zweite Domäne ein Po-

lypeptid oder Protein, bei dem eine Ligandenbindungsfunktion eines nukleären Rezeptors vermutet wird, umfaßt und dessen dritte Domäne in der Lage ist, den inaktiven oder inaktivierbaren, sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweg in den Zellen zu aktivieren, kodiert,

c) gegebenenfalls Reagenzien zur Transformation oder Transfektion der Zellen mit dem Transformations- oder Transfektionsvektor,

d) gegebenenfalls Reagenzien zur Detektion der phänotypischen Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signaltransduktionsweges in diesen Zellen.

Ein alternativer Kit zur Verwendung in dem genannten Assay ermöglicht die gezielte Bereitstellung einer Assayzelle mit einem Fusionsprotein, das ein gewünschtes, auf seine Ligandenbindungsfunktion zu untersuchendes Polypeptid oder Protein als zweite Domäne umfaßt. Ein solcher Kit umfaßt:

a) Zellen, in denen zumindest unter bestimmten Bedingungen ein sich an ein Ras-Protein anschließender Signalweg nicht aktiviert werden kann,

b) einen Transformations- oder Transfektionsvektor, der in geeigneter Anordnung

- eine DNA-Sequenz, die eine erste Domäne eines Fusionsproteins, wie vorstehend definiert, kodiert, und

- eine DNA-Sequenz, die eine dritte Domäne eines Fusionsproteins, wie vorstehend definiert und die in der Lage ist, den inaktiven oder inaktivierbaren, sich an ein Ras-Protein anschließenden Signalweg in den Zellen zu aktivieren, kodiert, und

- eine geeignet angeordnete Insertionsstelle zur funktionalen Insertion einer DNA-Sequenz, die eine zweite Domäne, enthaltend ein Polypeptid oder Protein, bei dem eine Ligandenbindungsfunktion eines nukleären Rezeptors vermutet wird, kodiert,

aufweist, wobei nach Insertion einer DNA-Sequenz für die zweite Domäne der Vektor ein vollständiges Gen für ein Fusionsprotein, wie vorstehend definiert, bei dem die zweite Domäne ein Polypep-

tid oder Protein enthält, bei dem eine Ligandenbindungsfunktion eines nukleären Rezeptors vermutet wird, umfaßt,

c) gegebenenfalls Reagenzien zur Transformation oder Transfektion der Zellen mit dem Transformations- oder Transfektionsvektor,

d) gegebenenfalls Reagenzien zur Detektion der phänotypischen Aktivierung des sich an ein Ras-Protein anschließenden Signaltransduktionsweges in diesen Zellen.

Bei einem vorgesehenen Nachweis einer Reporterogenaktivität enthalten in einer Ausführungsform die Zellen in den vorstehend genannten Kits zusätzlich ein Konstrukt, umfassend eine Bindungsstelle für einen Transkriptionsfaktor, dessen Aktivierung infolge einer Aktivierung des speziellen ras-Signalwegs, dessen Aktivierung durch den Assay nachgewiesen werden soll, erfolgt, einen Minimalpromotor und das Reportergen, wie vorstehend erläutert, oder es kann alternativ getrennt von den Zellen ein Transformations- oder Transfektionsvektor mit dem Transkriptionsfaktorbindungsstelle-Minimalpromotor-Reporter-gen-Konstrukt oder mit einem andersartigen Konstrukt, umfassend die Transkriptionsfaktorbindungsstelle und den Minimalpromotor und darüber hinaus eine geeignet angeordneten Insertionsstelle für ein frei wählbares Reportergen, vorgesehen werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfassen die erfindungsgemäßen Kits die Zellen immobilisiert auf einem festen Träger, wie vorstehend erläutert, insbesondere auf Biochips. Für Massenscreens ist insbesondere die Immobilisierung der Zellen in den individuellen Vertiefungen von Mikrotiterplatten geeignet, so daß auf einer solchen Platte eine Vielzahl von separaten Assayverfahren durchgeführt werden können. Es ist hierbei auch möglich, unterschiedliche erfindungsgemäße Zellen, d.h. insbesondere Zellen mit unterschiedlicher zweiter Domäne, in Vertiefungen in jeweils bestimmten Abschnitten auf ein und derselben Mikrotiterplatte vorzusehen.

Befinden sich die Zellen in dem Kit immobilisiert an einem festen Träger, so kann es insbesondere bei Nachweis einer Reporterogenaktivität oder eines Reporterproteins erforderlich oder hilfreich sein, die Zellen vor der Nachweisreaktion zu solubili-

sieren, d.h. sie von dem Träger abzulösen und ggf. auch aufzubrechen. Für diesen Fall können die unter d) genannten Reagenzien zur Detektion der phänotypischen Aktivierung des ras-Signaltransduktionsweges auch geeignete Solubilisierungsreagenzien, die insbesondere ein oder mehrere grenzflächenaktive Mittel oder Tenside enthalten, umfassen.

In einem gegenwärtig bevorzugt verwendeten experimentellen System der Erfindung, fehlt einem mutierten Ras-Protein (Ha-Ras (61L), welches ein Bestandteil des von der Nukleinsäuresequenz kodierten Fusionsproteins ist, die Farnesylierungssequenz, welche für eine Membranlokalisierung des Proteins sorgt. Des weiteren wird als Zellsystem, welches in einem ras- oder ras-ähnlichen Signaltransduktionsweg inaktiv ist, der Hefestamm cdc25-2 verwendet. Wie erläutert, ist in diesen Zellen das Ras-Protein bei einer restriktiven Temperatur von 33-37°C, typischerweise 36°C, infolge der Abwesenheit eines funktionellen Guaninnukleotid-Austauschfaktors (GEF; "guanyl nucleotide exchange factor") nicht funktionell. Die Expression eines funktionellen, membranständigen Ras-Proteins in Fusion mit einem nukleären Rezeptor und/oder Teilen von solchen kann dadurch detektiert werden, daß die Hefezellen unabhängig von der Anwesenheit eines funktionellen GEF-Proteins bei den genannten restriktiven Temperaturen wachsen können, sofern ein passender Ligand des exprimierten nukleären Rezeptors vorhanden ist.

Um die Erfindung weiter zu erläutern, folgt nun die Beschreibung eines exemplarischen Beispiels.

Material und Methoden

Als Basisvektor dient ein Vektor mit einem Markergen (Ura) und einem Galaktose-induzierbaren Promotor (GALI) für das zu exprimierende Fusionsgen. Wie in Fig. 2 schematisch gezeigt, kodiert die zu exprimierende DNA-Sequenz:

1. ein Myristylierungssignal,
2. die Ligandenbindungsdomäne des humanen Östrogenrezeptors (Aminosäuren 282-595),

3. das humane Ha-Ras (L61), welches konstitutiv aktiv ist und dem die sogenannte CAAX-Box, das Farnesylierungssignal zur Membranlokalisierung fehlt.

Hefewachstum und -manipulation

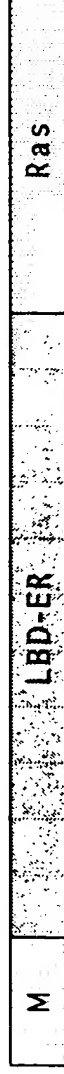
Es wurden konventionelle Hefe-Transformations- und -manipulationsprotokolle (siehe z.B. Hill et al. (1991), NAR 19, 5791) verwendet. Die Zellen wurden entweder auf einem Glucose-minimalmedium, welches die erforderlichen Aminosäuren und Nukleotide (20 mg/l Histidin, 100 mg/l Leucin, 20 mg/l Tryptophan, 20 mg/l Uracil, 10 mg/l Adeninsulfat), 2% Glucose, 0,5% NH_4SO_4 , 0,17% Hefeextrakt und 4% Agar enthält, oder auf Galaktosemedium (1,7 g/l Yeast Nitrogen ohne Aminosäuren, 5 g/l Ammoniumsulfat, 30 g/l Galaktose (> 99%) 20 g/l D-Raffinose, 20 g/l Glycerin (100%), 30 g/l Bacto-Agar) ausplattiert.

Zur Kontrolle wurden Klone auf YPD-Medium (1% Hefeextrakt, 2% Bactotrypton und 2% Glucose) ausplattiert. YPD-Medium enthält keine Galactose, so daß keine Expression des Fusionsproteins erfolgen sollte. Erfolgreich transformierte Klone zeigten bei Züchtung auf diesem Medium bei Zusatz des Liganden Östrogen, wie erwartet, keine Zellvermehrung.

Replika-Plattierungen wurden mit einem Samt-Replikaplattierer durchgeführt. Die Zellen wurden nach der Transformation mit dem vorstehend beschriebenen Nukleinsäurevektor auf Glucoseplatten ausplattiert und bei einer nicht-restriktiven Temperatur von 25°C drei bis vier Tage inkubiert. Anschließend wurden verschiedene Flüssigmedien (mit und ohne Östrogen) mit jeweils 3 unabhängigen Klonen angeimpft und bei 37°C 12 bis 36 h inkubiert und anschließend das Wachstum der Hefen in den verschiedenen Flüssigmedien durch photometrische Messung der optischen Dichte bei 600 nm detektiert. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die gewählten Medien und die erzielten Resultate:

Fig. 2

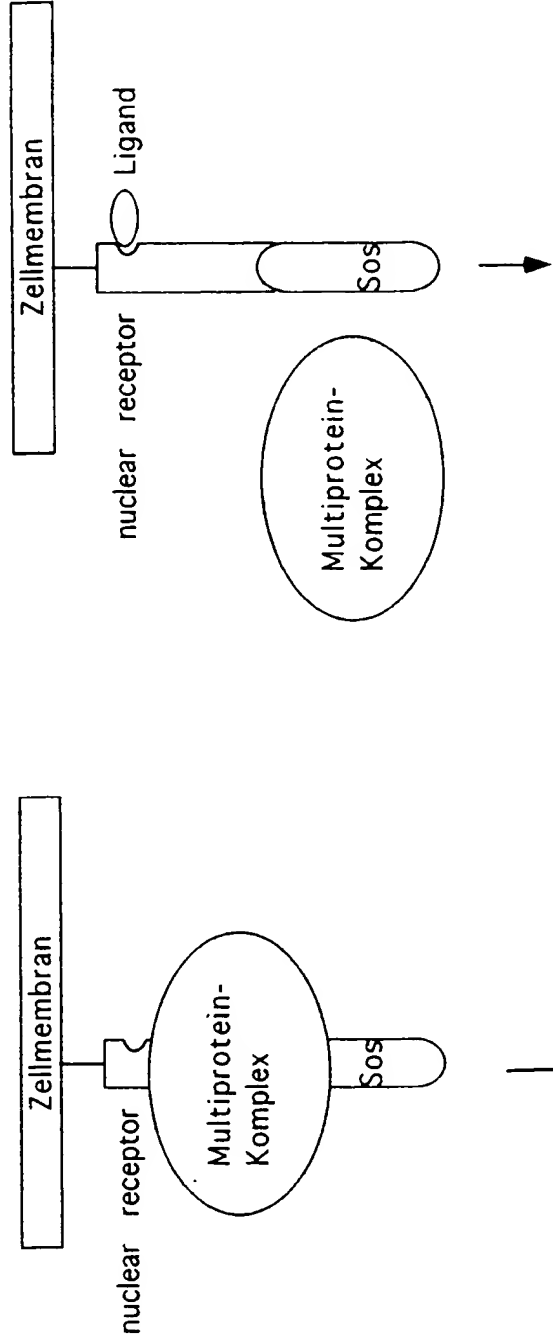
Schematische Darstellung der Struktur des
membranlokalisierten Östrogenrezeptor-Ras-Fusionsproteins



M : Myristilierungssignal
LBD : Ligandenbindungsdomäne des humanen Östrogenrezeptors (aa 282-595)
Ras : humanes Ha-Ras (L61) ohne CAAX-Box

Fig. 3

Aktivierung des ras- oder eines ras-ähnlichen Signaltransduktionsweges
in Abhängigkeit von der Interaktion zwischen Nukleärem Rezeptor und
seinem Liganden



in Abwesenheit des Liganden ist der
ras- oder ras-ähnliche
Signaltransduktionsweg inaktiv

in Anwesenheit des Liganden ist der
ras- oder ras-ähnliche
Signaltransduktionsweg aktiv

